

Carolina Lopes Monteiro

**MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE SUSCETIBILIDADE
A DESLIZAMENTOS ROTACIONAIS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DA LAGOA DA CONCEIÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado como exigência
para término da graduação
em Engenharia Civil na
Universidade Federal de
Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Rafael
Augusto dos Reis Higashi

Coorientadora: Caroline Ester
Christ

Florianópolis
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Monteiro, Carolina Lopes

Mapeamento das áreas de suscetibilidade a deslizamentos
rotacionais na Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição /
Carolina Lopes Monteiro ; orientador, Rafael Augusto dos
Reis Higashi ; coorientadora, Caroline Ester Christ. -
Florianópolis, SC, 2016.

117 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico.
Graduação em Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia Civil. 2. Estabilidade de encostas. 3.
Deslizamentos. 4. Áreas de risco. 5. Sistemas de
informações Geográficas. I. Higashi, Rafael Augusto dos
Reis. II. Christ, Caroline Ester. III. Universidade
Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil.
IV. Título.

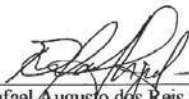
Carolina Lopes Monteiro

**MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTOS
ROTACIONAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DA LAGOA DA CONCEIÇÃO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado e aprovado, em sua forma final, pelo Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 22 de novembro de 2016.

Banca Examinadora:



Prof. Rafael Augusto dos Reis Higashi, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Eng. Caroline Ester Christ, Me.
Coorientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Liseane Padilha Thives, Dr.^a
Universidade Federal de Santa Catarina

Eng. Gisele Marilha Pereira Reginatto, Me.
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

À minha coorientadora, Caroline Ester Christ, por toda ajuda, ensinamentos, disponibilidade e atenção.

Ao meu orientador, Rafael Augusto dos Reis Higashi, pelo incentivo, apoio e orientação.

À minha família, por sempre ter acreditado em mim e apoiado minhas decisões.

Aos colegas do Laboratório de Mapeamento Geotécnico, Miryan, Luiz, Marianna e Camilo, pela ajuda nas coletas de amostras e execução de ensaios.

Aos colegas da Única Consultores de engenharia Urbana, pela compreensão e dicas.

Ao Mauricio Biazus, por toda atenção, carinho e paciência.

À todas as minhas amigas, que sempre me deram apoio, acreditam em mim e me ajudaram nos momentos difíceis.

Aos membros da banca, por aceitarem contribuir para aprimorar este estudo.

E principalmente a Deus, por estar sempre ao meu lado e me abençoar com oportunidades para realizar os meus sonhos,

RESUMO

A ocorrência de desastres naturais tornou-se frequente no Brasil e no mundo. Dentre eles, o deslizamento de encostas é um dos que mais causam consequências, e gera diversos danos socioeconômicos e ambientais. O presente estudo possui como objetivo apresentar o mapeamento das áreas de suscetibilidade a deslizamentos na Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição, localizada no município de Florianópolis/SC. Para a elaboração do mapa foi necessário adquirir dados preexistentes, como o mapeamento geotécnico da região, o mapa de declividades e resultados dos ensaios de caracterização dos solos. Foram realizados ensaios de cisalhamento direto, com o objetivo de obter os parâmetros dos solos (coesão e ângulo de atrito), e calcular, pelo *software MacStars*, as análises de estabilidade para as declividades de interesse. A partir do *software Arcgis*, foi gerado o mapa de suscetibilidade que divide o local em áreas estáveis e de alta, média e baixa instabilidade.

Palavras-chave: Desastres naturais. Deslizamentos. Áreas de risco.

ABSTRACT

The incidence of natural disasters have been common in Brazil and the whole world. Among them, the landslide is the one witch causes serious socioeconomic and environmental damages. The aim of this study is to present the mapping of landfall risk areas in The Watershed of Lagoa da Conceição. On the elaboration of the mapping, it was necessary to get previous data, such as the geotechnical map of the area, the map of slope and the tests results of the soil. Shear test have been carried on to get the parameters of the soil and the analysis of the stability have been calculated by Software MacStars. From the use of the Software ArcGis, a map of landfall risk was built, showing the areas which are stable and those which have high, medium and low instability.

Keywords: Natural disasters. Landslide. Risk area.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ocupações em áreas de risco, Teresópolis - RJ	23
Figura 2: Construções em área de risco, São Bernardo do Campo	24
Figura 3: Esquema para ocorrência de queda de blocos	36
Figura 4: Esquema básico da metodologia de Davison Dias (1987)	41
Figura 5: Componentes básicos de uma caixa de cisalhamento	50
Figura 6: Resultados ensaio genérico de cisalhamento direto	51
Figura 7: Envoltória de Mohr-Coulomb	52
Figura 8: Magnitude e direção das tensões durante o ensaio de cisalhamento direto	53
Figura 9: Localização Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição	56
Figura 10: Mapeamento Geotécnico da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição	62
Figura 11: Fluxograma do método para desenvolvimento desta pesquisa	66
Figura 12: Declividade do terreno da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição	68
Figura 13: Curva granulométrica C_g	69
Figura 14: Curva granulométrica R_g	70
Figura 15: Curva granulométrica PV_g	71
Figura 16: Localização dos pontos de coleta de amostras	73
Figura 17: Local de coleta do solo C_g	74
Figura 18: Coleta do solo C_g	74
Figura 19: Local de coleta do solo R_g	75
Figura 20: Coleta do solo R_g	75
Figura 21: Local de coleta do solo PV_g	76
Figura 22: Coleta do solo PV_g	76
Figura 23: Equipamento para ensaio de cisalhamento direto	77
Figura 24: Amostra cisalhada	78
Figura 25: Exibição de resultados pelo <i>software MacStars</i>	79
Figura 26: Envoltória de Mohr-Coulomb do Ponto 1 (C_g)	81
Figura 27: Envoltória de Mohr-Coulomb do Ponto 2 (R_g)	82
Figura 28: Envoltória de Mohr-Coulomb do Ponto 3 (PV_g)	82
Figura 29: Gráfico Declividade x Fator de Segurança - C_g	84
Figura 30: Gráfico Declividade x Fator de Segurança - R_g	85
Figura 31: Gráfico Declividade x Fator de Segurança - PV_g	86
Figura 32: Mapeamento das áreas de suscetibilidade a deslizamentos circulares da unidade C_g	88
Figura 33: Mapeamento das áreas de suscetibilidade a deslizamentos circulares da unidade R_g	90
Figura 34: Mapeamento das áreas de suscetibilidade a deslizamentos circulares da unidade PV_g	91
Figura 35: Mapeamento das áreas de suscetibilidade a deslizamento na Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição	94

Figura 36: Visualização da macha urbana na área de estudo	96
Figura 37: Gráfico Tensão cisalhamento x Deformação horizontal - Cg	
Estágio 1.....	109
Figura 38: Gráfico Deformação vertical x Deformação horizontal - Cg	
Estágio 1.....	110
Figura 39: Gráfico Tensão cisalhamento x Deformação horizontal - Cg	
Estágio 2.....	111
Figura 40: Gráfico Deformação vertical x Deformação horizontal - Cg	
Estágio 2.....	111
Figura 41: Gráfico Tensão cisalhamento x Deformação horizontal - Cg	
Estágio 3.....	112
Figura 42: Gráfico Deformação vertical x Deformação horizontal - Cg	
Estágio 3.....	113
Figura 43: Gráfico Tensão cisalhamento x Deformação horizontal - Rg	
Estágio 1.....	113
Figura 44: Gráfico Deformação vertical x Deformação horizontal - Rg	
Estágio 1.....	114
Figura 45: Gráfico Tensão cisalhamento x Deformação horizontal - Rg	
Estágio 2.....	114
Figura 46: Gráfico Deformação vertical x Deformação horizontal - Rg	
Estágio 2.....	115
Figura 47: Gráfico Tensão cisalhamento x Deformação horizontal - Rg	
Estágio 3.....	115
Figura 48: Gráfico Deformação vertical x Deformação horizontal - Rg	
Estágio 3.....	116
Figura 49: Gráfico Tensão cisalhante x Deformação horizontal - PVg	
Estágio 1.....	116
Figura 50: Gráfico Deformação vertical x Deformação horizontal - PVg	
Estágio 1.....	117
Figura 51: Gráfico Tensão cisalhante x Deformação horizontal - PVg	
Estágio 2.....	117
Figura 52: Gráfico Deformação vertical x Deformação horizontal - PVg	
Estágio 2.....	118
Figura 53: Gráfico Tensão cisalhante x Deformação horizontal - PVg	
Estágio 3.....	118
Figura 54: Gráfico Deformação vertical x Deformação horizontal - PVg	
Estágio 3.....	119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos subgrupos de desastres naturais	27
Tabela 2: Classificação dos desastres quanto à intensidade	29
Tabela 3: Classificação dos desastres quanto à tipologia	30
Tabela 4: Classificação dos movimentos de massa	33
Tabela 7: Classificação dos tipos de movimento	34
Tabela 8: Simbologia simplificada das classes geológicas	43
Tabela 9: Simbologia simplificada de classes pedológicas	44
Tabela 10: Características climáticas da região de Florianópolis	58
Tabela 11: Uso e ocupação do solo	60
Tabela 12: Área das unidades geotécnicas:	63
Tabela 13: Granulometria Cg	69
Tabela 14: Granulometria Rg	70
Tabela 15: Granulometria PVg	70
Tabela 16: Pesos específicos	71
Tabela 17: Padrões de segurança - NBR 11682	79
Tabela 18: Parâmetros dos solos ensaiados	83
Tabela 19: Declividades críticas - Cg	84
Tabela 20: Declividades críticas - Rg	85
Tabela 21: Declividades críticas - PVg	86
Tabela 22: Resumo dos dados utilizados	87
Tabela 23: Tabela das áreas de estabilidade na Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AQPsq – Areia Quartzosa Podzoliza de substrato sedimentos quaternários

AQsq - Areia Quartzosa de substrato sedimentos quaternários

Cde - Cambissolo depósito de encosta

Cg - Cambissolo de substrato granito

CRED – Centre for Research on the Epidemiology of Disasters

Datum - Modelo Matemático Teórico da Representação da Superfície da Terra ao Nível do Mar

DNsq - Dunas de substrato sedimentos quaternários

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão

Hosq - Solo Orgânico de substrato sedimentos quaternários

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

PVg - Podzólico Vermelho-Amarelo de substrato granito

PZsq - Podzol Hidromórfico +Areias Quartzosas Hidromórficas de substrato sedimentos quaternário

Rg - Litólico de substrato granito

SC – Santa Catarina

SIG – Sistemas de Informações Geográficas

SIRGAS 2000 - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

Unesp – Universidade Estadual Paulista

UTM - Universal Transverse Mercator

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
1.1 OBJETIVO	21
1.1.1 Objetivo geral	21
1.1.2 Objetivos Específicos	21
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1 Expansão urbana	23
2.2 Desastres naturais	25
2.2.1 Conceitos relacionados a desastres naturais	30
2.3 Movimento de massas	32
2.3.1 Escorregamentos	34
2.3.2 Quedas	35
2.3.3 Corridas	37
2.3.4 Medidas de prevenção	38
2.4 Mapeamento Geotécnico	38
2.4.1 Metodologia Davison Dias (1987)	40
2.5 Sistemas de Informações Geográficas (SIG)	45
2.5.1 Dados em SIG	46
2.6 Ensaio de Cisalhamento Direto	48
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	55
3.1 Aspectos Climáticos	57
3.2 Uso e ocupação do solo	58
3.3 Evolução urbana	60
3.4 Unidades geotécnicas da Lagoa da Conceição	61
4. MATERIAIS E MÉTODO	65
4.1 Levantamento de dados preexistentes	67
4.1.1 Mapas	67
4.1.2 Caracterização dos solos	68
4.2 Coleta de amostras	72
4.3 Execução dos ensaios	77

4.4 Análise e mapeamento das áreas de suscetibilidade a deslizamentos circulares	78
5.RESULTADOS E ANÁLISES.....	81
5.1 Resultados dos ensaios	81
5.2 Análises de estabilidade	83
5.3 Ponto 1 – Cg.....	83
5.4 Ponto 2 – Rg.....	84
5.5 Ponto 3 – PVg	85
5.6 Mapeamento das áreas de suscetibilidade a deslizamentos circulares.....	87
6. CONCLUSÕES	97
REFERÊNCIAS.....	101
APÊNDICE I – Gráficos dos ensaios de cisalhamento direto.....	109

1. INTRODUÇÃO

Atualmente os movimentos de massas estão entre os principais problemas associados a catástrofes no Brasil e no mundo, causando um grande número de mortes e um enorme prejuízo a diversas famílias.

A visível diferença econômica da sociedade gera a necessidade de busca por terrenos de baixo ou nenhum valor pelas populações de menor renda. Desta maneira, ocorre a ocupação de encostas com elevada inclinação e de áreas facilmente alagáveis. Este ato causa uma maior vulnerabilidade do local, possibilitando a ocorrência de movimentos de massa e inundações.

Além da inapropriada ocupação do solo, processos como desmatamentos, mudanças de curso d'água, queimadas e indevida deposição de lixo facilitam a ocorrência de deslizamentos.

Para prevenção destes desastres naturais, as medidas utilizadas podem ser estruturais ou não estruturais, que serão escolhidas mediante as características e a ameaça do local. Por esse motivo, a produção de mapas de suscetibilidade a deslizamentos é um processo de suma importância para evitar as consequências oriundas da ocupação e utilização indevidas do solo.

O estado de Santa Catarina possui uma elevada ocorrência de picos pluviométricos, característica que torna importante a determinação de áreas de suscetibilidade a deslizamentos, para possibilitar o alerta à sociedade e chegar a medidas de prevenção.

A área escolhida para estudo é a Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição, localizada em Florianópolis, que registrou um

alto crescimento populacional nos últimos tempos e possui potencial para um acréscimo na ocupação do solo ainda maior para os próximos anos.

Dentre as metodologias de mapeamento de áreas de risco voltadas ao comportamento dos solos destaca-se o mapeamento geotécnico, sendo que para os solos do sul do Brasil a metodologia de Davison Dias (1987) tem se mostrado adequada.

Para a determinação das áreas suscetíveis a deslizamentos, primeiramente é necessário determinar os parâmetros dos solos, obtidos por meio de ensaios de cisalhamento direto em amostras indeformadas, e depois compará-los ao mapeamento geotécnico e ao relevo.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo geral

Elaborar o mapeamento das áreas de suscetibilidade a deslizamentos rotacionais da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar os parâmetros de resistência ao cisalhamento dos solos residuais de granito presentes na área de estudo por meio de ensaios de cisalhamento direto realizados em amostras indeformadas;
- Analisar a suscetibilidade a deslizamentos dos solos ensaiados de acordo com as declividades presentes na Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição;
- Gerar mapa de áreas suscetíveis a deslizamentos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Expansão urbana

Os estudos atuais apresentam um aumento na tendência de migração da população para grandes centros urbanos. Como consequência, a demanda por moradias e escassez de terrenos disponíveis torna os valores dos imóveis cada vez mais elevados.

A alta dos preços aliada ao inchamento dos centros urbanos e ao crescimento populacional acarretaram a ocupação de encostas principalmente pela população de baixa renda, como pode ser observado nas Figuras 01 e 02. “Nesse sentido, um problema é identificado: a velocidade de ocupação das encostas é maior que a implantação da infraestrutura básica e, dessa forma, problemas socioeconômicos e ambientais podem aparecer” (GUESSER, 2013).

Figura 1: Ocupações em áreas de risco, Teresópolis - RJ



Fonte: Veja, 2011

Figura 2: Construções em área de risco, São Bernardo do Campo



Fonte: JGP – Gestão ambiental, 2011

Para Moretti (1986), o expansivo crescimento urbano torna cada vez mais comum a ocupação de áreas com desfavoráveis condições topográficas. Considerando a maior dificuldade na implantação de loteamentos em áreas com declividade acentuada e que a complexidade da obra a ser efetuada é significativamente maior, a execução de um projeto mal concebido pode ter resultados catastróficos como problemas de deslizamentos, erosões, assoreamentos e enchentes.

Raimundo (1998) acrescenta que além de impulsiva, essa ocupação de encostas ocorre de maneira agressiva e desordenada, com consentimento dos órgãos públicos responsáveis, que assistem a ocupação sem poder interferir ou frear o processo. O autor ainda declara que a falta de tratamento técnico adequado junto com a ação antrópica nas encostas faz com que estas sejam mais vulneráveis às adversidades

climáticas, tornando mais frequentes os problemas de ordem social e do meio físico.

Almeida e Freitas (1996) salientam que as características de uso e ocupação do solo são divididas de acordo com as mudanças que causam e a possibilidade de desencadear problemas ambientais. Dentre os processos resultantes da inadequada ocupação urbana associadas às características do meio físico em que estão inseridos, destacam-se: processos erosivos, movimentos de massa, inundações e poluição de mananciais.

Apesar dos problemas apresentados, há possibilidade de encontrar um equilíbrio entre a ocupação urbana das encostas e a degradação do meio físico. No entanto, para que isso ocorra, é necessária a presença de medidas regulamentadoras dos órgãos de planejamento e total participação das entidades civis, técnicas e população (RAIMUNDO, 1998).

2.2 Desastres naturais

Desastre natural é o nome dado ao fenômeno natural que atinge uma área ou região habitada pelo homem gerando danos humanos, ambientais e econômicos (SOUZA *et al.*, 2009).

Para Comfort (2004), desastre é “um evento inesperado que excede à capacidade normal da comunidade em reagir a eventos adversos”. Ainda, segundo a IFRC (*International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies* - 2016) um desastre natural tem como definição um inesperado e catastrófico evento que interrompe

seriamente o funcionamento de uma sociedade ou comunidade e causa perdas humanas, materiais, econômicas e ambientais que excedem a capacidade de resposta da população.

Alguns autores estabelecem algumas definições mais quantitativas sobre o tema. Segundo Scheuren *et al.* (2008), um evento é considerado desastre quando ocorre ao menos um dos fatores:

- 10 ou mais mortes;
- 100 ou mais pessoas afetadas;
- Declaração de estado de emergência ou calamidade pública pelo município, estado ou país.

É cada vez mais frequente a ocorrência deste tipo de catástrofe que muitas vezes ocorrem devido a ações antrópicas, como a ocupação de áreas impróprias e o crescente processo de urbanização. Devido às variadas origens dos desastres, diversas literaturas apresentam classificações para os eventos.

Araújo (2012) classifica os desastres em naturais e humanos. Naturais são aqueles manifestados por meio de erupções vulcânicas, terremotos, maremotos, ciclones e secas, ou seja, que fazem parte de um ciclo natural. Já os humanos, são resultados da evolução do homem e sua ação no meio ambiente.

O CRED (*Centre for Research on the Epidemiology of Disasters - 2013*) apresenta uma classificação que divide os desastres em duas grandes categorias (naturais e tecnológicos) e ainda, divide os naturais em cinco grupos apresentados na Tabela 01:

Tabela 1: Classificação dos subgrupos de desastres naturais

Subgrupo Desastres	Definição	Principais tipos
Geofísico	Eventos originados de terra firme	Terremotos, Vulcões, Movimentos de terra (seca)
Meteorológico	Eventos causados por processos atmosféricos de escala curta ou média (dentro do espectro de minutos ou dias)	Tempestades
Hidrológico	Eventos causados pelo desvio do ciclo normal da água e/ou transbordamento de corpos de água (como lagos e lagoas) devido ao comportamento do vento	Enchentes, Deslizamentos de terra (molhada)
Climatológico	Eventos causados por processos de longa escala (dentro do espectro de uma estação ou várias décadas)	Incêndios, Temperaturas extremas e Estiagem
Biológico	Desastres causados pela exposição de organismos vivos à germes e substâncias tóxicas	Epidemia, Infestação por insetos, Fuga de animais

Fonte: CRED, 2013.

Souza *et al.* (2009) classifica os desastres de acordo com a origem e intensidade. Considerando a origem, ela destaca que desastres naturais são aqueles cujas causas são fenômenos e desequilíbrios da natureza, independente das ações do homem. Já desastres humanos são gerados por ações ou omissões do homem, tendo este como agente causador. A classificação quanto à intensidade é determinada pela Tabela 02.

Tabela 2: Classificação dos desastres quanto à intensidade

Nível	Intensidade	Situação
I	Desastres de pequeno porte, também chamados de acidentes, onde os impactos causados são pouco importantes e os prejuízos pouco vultosos. (Prejuízo menor que 5% PIB municipal)	Facilmente superável com os recursos do município
II	De média intensidade, onde os impactos são de alguma importância e os prejuízos são significativos, embora não sejam vultosos. (Prejuízos entre 5% e 10% PIB municipal)	Superável pelo município, desde que envolva uma mobilização e administração especial.
III	De grande intensidade, com danos importantes e prejuízos vultosos. (Prejuízos entre 10% e 30% PIB municipal)	A situação de normalidade pode ser restabelecida com recursos locais, desde que complementados com recursos estaduais e federais. (Situação de Emergência - SE)
IV	De muito grande intensidade, com impactos muito significativos e prejuízos muito vultosos. (Prejuízos maiores que 30% PIB municipal)	Não é superável pelo município, sem que receba ajuda externa. Eventualmente necessita de ajuda internacional. (Estado de Calamidade Pública - ECP)

Fonte: Souza et al. (2009)

Marcelino (2008) também apresenta outro tipo de classificação, que considera o evento geofísico responsável pela ocorrência do desastre. A classificação quanto à tipologia pode ser dividida nas categorias meteorológicas, hidrológicas e geológicas de acordo com a Tabela 03.

Tabela 3: Classificação dos desastres quanto à tipologia

Categoria	Tipos de desastres
Meteorológicos	Furações, ciclones e tufões
	Vendaval
	Granizos
	Tornados
	Nevascas
	Geadas
	Ondas de frio
	Ondas de calor
Hidrológicos	Inundações
	Seca/estiagem
	Incêndio Florestal
Geológicos	Terremotos
	Vulcanismo
	Tsunami
	Escorregamentos
	Subsidências

Fonte: Marcelino (2008 apud TOBIN e MONTZ, 1997).

2.2.1 Conceitos relacionados a desastres naturais

Suscetibilidade, vulnerabilidade, risco e perigo são conceitos frequentemente citados quando o assunto é desastres naturais. A seguir,

serão apresentadas algumas definições e descrições sobre cada um desses conceitos, a fim de compreender corretamente a diferença entre os mesmos.

Suscetibilidade pode ser descrita como características do local que influenciam na ocorrência de fenômenos, levando em consideração a predisposição natural do meio.

Vulnerabilidade é conceituada como o conjunto de fatores ambientais, sociais, econômicos, políticos, culturais e educacionais que poderão classificar a comunidade como sendo mais ou menos exposta a um fenômeno, considerando as características naturais ou a capacidade de recuperar-se do evento. (GUESSER, 2013).

Não se deve confundir suscetibilidade com vulnerabilidade. Esta ainda pode ser descrita como sendo um desequilíbrio, um desajuste, entre a estrutura social e o meio (físico-construído ou natural) que rodeia o sujeito (VIEIRA, 2008 apud LAVELL, 1996).

Para Wilvert (2010), pode-se entender que risco é “a relação existente entre a probabilidade de ocorrência de um determinado fenômeno perigoso associada ao grau de preparo e ação (vulnerabilidade) da comunidade a ser atingida”.

Risco também pode ser descrito como a probabilidade da ocorrência de prejuízos oriundos da ligação entre um perigo natural e a vulnerabilidade do local. Logo, pode-se dizer que o risco é a possibilidade de uma população sofrer algo nocivo ou danoso. (GUESSER, 2013).

Vale ainda frisar que os riscos podem variar ao longo do tempo devido a possibilidade da implantação de medidas estruturais ou não

estruturais como obras de contenção, sistemas de alerta e medidas de prevenção e de educação.

Perigo pode ser definido como a capacidade de um fenômeno natural causar danos à comunidade atingida. Wilvert (2010) descreve perigo como qualquer condição potencial ou real que possa causar morte, ferimentos às pessoas e danos às propriedades. Ele ainda estabelece uma classificação de perigos de acordo com a origem do mesmo.

- Perigo natural: Possui a origem na natureza;
- Perigo antrópico: Evento causado devido a ações humanas;
- Perigo ambiental: A origem do fenômeno é devido à combinação do perigo natural e antrópico.

2.3 Movimento de massas

Os movimentos de massa são definidos por Souza *et al* (2009) como “movimento do solo, rocha e/ou vegetação ao longo da vertente sob a ação direta da gravidade.”

Para Guidicini e Nieble (1984) movimentos de massas são fenômenos definidos pelo movimento de materiais de origem terrosa, rochosa ou uma combinação das duas, independentemente das causas, diversidade dos seus processos, velocidades, formas e demais características.

Segundo Cunha *et al.* (1991) a pluviosidade possui grande influência na ocorrência de movimentos de massa principalmente em

regiões tropicais. Porém, características do relevo, vegetação e ação humana também são determinantes para a ocorrência desses fenômenos.

Existem diversos estudos que abordam o tema e que possuem como objetivo compreender e classificar os movimentos de massa, haja vista que os mesmos possuem elevada importância econômica e social.

Para Wicander, Monroe e Peters (2009) a classificação é realizada em função da velocidade do movimento (lento ou rápido), do tipo de movimento (queda, escorregamento ou fluxo) e do material envolvido (rocha, solo ou detritos).

Dentre as inúmeras classificações existentes, pode-se destacar a classificação conforme Magalhães Freire (1965), disponível na Tabela 04.

Tabela 4: Classificação dos movimentos de massa

Nomenclatura	Características
Escoamento	Corresponde a uma deformação ou movimento contínuo, com ou sem superfície definida. Dependendo do movimento, são classificados como: Rastejo - escoamento plástico; Corrida - escoamento fluido-viscoso.
Escorregamento	Deslocamento finito ao longo de uma superfície bem definida. Dependendo da forma, são classificados como rotacional ou translacional.
Subsidência	Deslocamento finito ou deformação contínua de direção essencialmente vertical. Podem ser subdivididos em: subsidência propriamente dita, recalque e desabamento/quedas.
Fonte: Magalhães Freire (1965)	

Conforme apresentado na Tabela 7, Varnes (1978) também classifica os movimentos de massas em diversos tipos. Dentre eles, escorregamentos, quedas e corridas podem ser considerados os que possuem maior frequência de ocorrências.

Tabela 5: Classificação dos tipos de movimento

Tipo de Movimento			Tipo de Material		
			Rocha	Solo	
				Grossoiro	Fino
Quedas			De rocha	De detritos	De terra
Tombamentos			De rocha	De detritos	De terra
Escorregamentos	Rotacional	Poucas unidades	Abatimento e rocha	Abatimento de detritos	Abatimento de terra
	Translacional	Muitas unidades	De blocos rochosos	De blocos de detritos	De blocos de terra
			De rocha	De detritos	De terra
Expansões laterais			De rocha	De detritos	De terra
Corridas/Escorregamentos			De rocha (rastejo profundo)	De detritos	De terra
				(Rastejo de solo)	
Complexos: combinação de dois ou mais principais tipos de movimentos					

Fonte: Varnes (1978)

2.3.1 Escorregamentos

Segundo Guesser (2014) “Escorregamentos consistem em deslocamentos rápidos de volumes de solo ou rocha na direção da base da encosta e para fora, ao longo da superfície de escorregamento.”

A velocidade dos escorregamentos além de ser alta, depende de fatores como a inclinação da superfície, a natureza do terreno e a causa da movimentação.

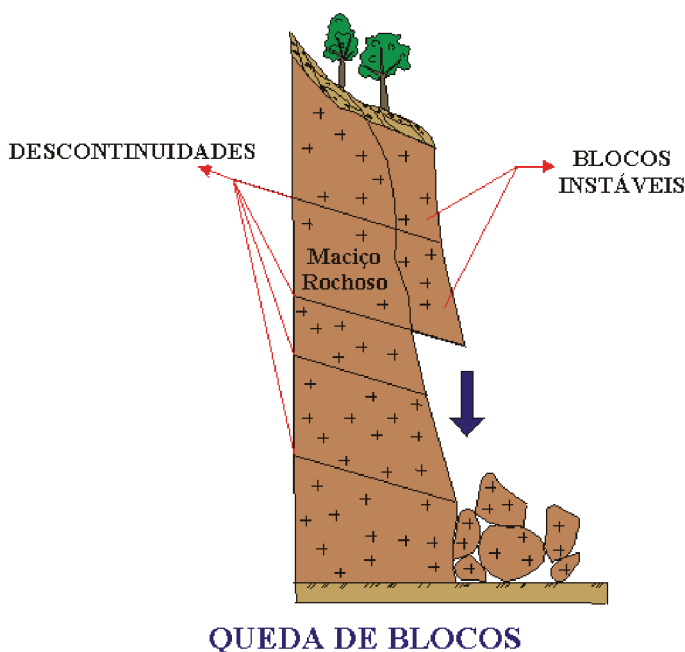
Existem três tipos de escorregamentos: rotacionais, translacionais e em cunha. Os rotacionais ou circulares são aqueles cuja superfície de ruptura é curva e o movimento é de rotação. Translacionais ou planares possuem a superfície de ruptura planar e o movimento de translação. São os movimentos de massa mais frequentes, ocorrendo principalmente em solos estratificados. Já os escorregamentos em cunha, apresentam a superfície de ruptura em cunha e ocorrem principalmente em taludes e encostas que sofreram desconfinamento.

Dentre os principais causadores de escorregamentos pode-se citar: mudanças na geometria do talude, aumento da carga no topo das encostas, saturação do solo (devido a chuvas) e retirada da cobertura vegetal.

2.3.2 Quedas

Quedas consistem em movimentações de materiais que se desprendem de sua base e se deslocam em queda livre encosta abaixo. Em geral ocorrem em encostas verticais e maciços fraturados.

Figura 3: Esquema para ocorrência de queda de blocos



Fonte: Infanti Jr. e Fornasari Filho (1998)

Para Massad (2010), a principal causa de quedas são intensas e prolongadas chuvas. No entanto, ao executar cortes e escavações inadequados, o homem pode se tornar o responsável. Além disso, variações térmicas do maciço, vibrações e alívio de tensões também estão entre os agentes causadores.

2.3.3 Corridas

Corridas são movimentos gravitacionais que ocorrem na forma de escoamento rápido e envolvem grandes volumes de materiais. Como características possuem: o volume de material envolvido, o extenso raio de alcance e dinâmicas de mecânica dos sólidos e fluidos.

São capazes de gerar enormes danos e prejuízos, já que são movimentos que ocorrem repentinamente e com velocidades muito elevadas (5 a 20 m/s). Desta maneira, toda a massa deslocada possui um grande poder de erosão e destruição, podendo ainda atingir grandes distâncias. A classificação das corridas quanto à origem é dada da seguinte maneira:

- Primária: o material transportado é proveniente somente de encostas.
- Secundária: o movimento é composto pela remobilização de detritos acumulados no leito e barramentos naturais, além de materiais de escorregamentos de encostas e água proveniente de cheias.

As corridas também podem ser classificadas de acordo com as características do material movimentado da seguinte forma:

- Corrida de Terra: apresenta baixa quantidade de água e consequentemente uma menor velocidade relativa.
- Corrida de Lama: possui um alto teor de água e maior velocidade relativa. O poder destrutivo é maior que o da corrida de terra.

- Corrida de Detritos: composto por um material grosseiro, como blocos de rocha de variados tamanhos, e desta forma, apresenta um maior poder destrutivo.

2.3.4 Medidas de prevenção

Devido a gravidade dos danos que os movimentos de massa podem causar é de suma importância a procura por medidas que evitem ou minimizem seus efeitos. Segundo Souza et al. (2009) estas medidas são divididas em estruturais e não estruturais.

Medidas não estruturais são aquelas voltadas para a educação ambiental, que apresentam ações para um correto gerenciamento do uso e ocupação do solo além de planos preventivos de defesa civil.

As estruturais constituem as obras de engenharia, como obras de contenção, implantação de sistemas de drenagem e reurbanização de áreas. Apesar de mais caras, em muitos casos são a solução mais efetiva e que acarreta na maior segurança.

2.4 Mapeamento Geotécnico

O mapeamento geotécnico baseia-se em levantar, caracterizar, classificar, avaliar e analisar as características presentes no meio físico. O processo pode ser utilizado para diversos fins, como engenharia, planejamento, agronomia, saneamento e avaliações ambientais. (ZUQUETTE, 1987). Ainda pode ser definido como:

Metodologia, em que sob forma de um mapa são representadas as principais características

geomecânicas do solo, podendo ser utilizado na previsão do comportamento de polígonos de solos chamados de unidades geotécnicas, o que possibilita a sua aplicação em projetos ambientais e de engenharia (HIGASHI, 2006).

É indispensável que o mapeamento geotécnico possua, de maneira objetiva e clara, todos os componentes geológicos de importância para o projeto no qual será utilizado. Para ser possível identificar e delimitar corretamente os tipos de solos existentes, o mapeamento geotécnico preliminar deve ser realizado utilizando o conhecimento das diversas cartografias do local, como hidrologia, altimetria, mapas geológicos e pedológicos, e baseando-se na declividade do terreno. Segundo Christ (2014), “Estas etapas resultam em um mapeamento geotécnico de melhor escala, que possibilita a definição de pontos de coletas de amostras para análise do comportamento mecânico dos solos”.

As cartas geotécnicas possuem diversas finalidades, para Diniz (1998), podem ser classificadas em cartas de risco, de suscetibilidade a processos do meio físico e de aptidão. Considerando a vasta utilidade, as diferenças geográficas e a elevada variabilidade de solos, foram desenvolvidas inúmeras metodologias para o desenvolvimento de mapas geotécnicos.

Para solos brasileiros, que em sua maioria são classificados como solos tropicais, Davison Dias (1987) desenvolveu a metodologia denominada de Mapeamento Geotécnico de Grandes Áreas, metodologia que vem se mostrando adequada para estimativa de

unidades geotécnicas e os seus respectivos comportamentos geomecânicos.

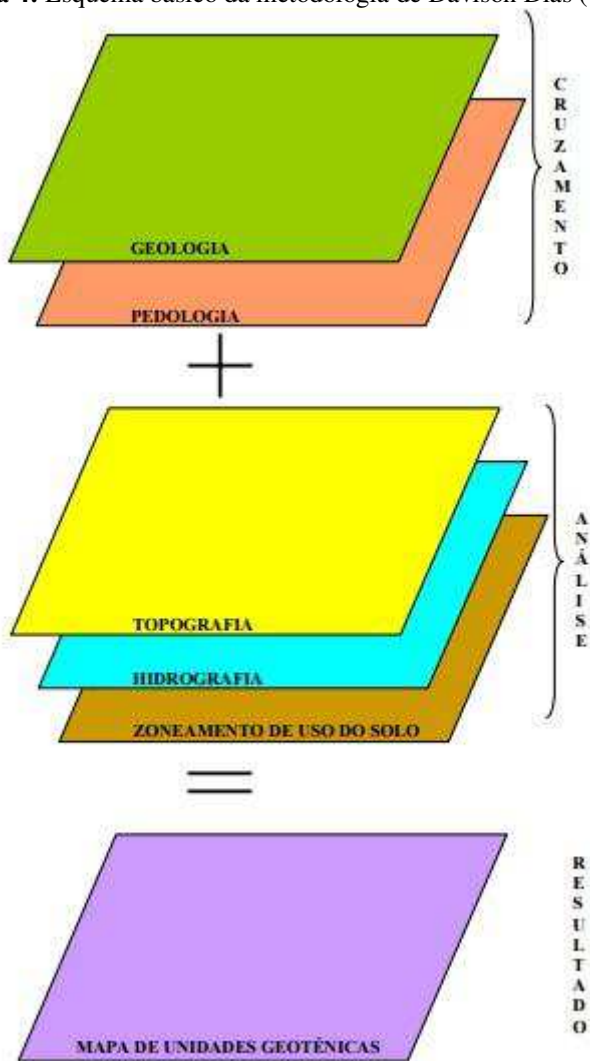
2.4.1 Metodologia Davison Dias (1987)

O Mapeamento Geotécnico de Grandes Áreas é realizado através do conhecimento do comportamento do solo junto com a união de mapas pedológicos e geológicos. Para corrigir possíveis divergências do cruzamento dos mapas e melhorar a escala do mapeamento, fatores topográficos também devem ser considerados. Davison Dias (1987) estabelece uma sequência de etapas para a formulação do mapeamento preliminar:

- a) Pesquisa dos levantamentos de solos existentes na região (...). Estes podem ser os desenvolvidos pela EMBRAPA, ou pelo Projeto RADAM, entre outros.
- b) Locação (...) no mapa pedológico.
- c) Verificação das unidades de mapeamento descritas nos levantamentos e suas respectivas classificações pedológicas. Observações das inclusões que podem ocorrer na unidade.
- d) Análise dos perfis típicos descritos nos levantamentos, estimando as características geotécnicas das camadas solicitadas.
- e) Verificação da geologia nos mapas geológicos. Comparação com a descrita nos levantamentos pedológicos.
- f) Análise dos mapas topográficos ou perfis topográficos existentes, com o objetivo de

limitar as unidades pedológicas (DAVISON DIAS, 1987).

Figura 4: Esquema básico da metodologia de Davison Dias (1987)



Fonte: Mafra Júnior, 2007

A sequência da Metodologia Davison Dias está esquematizada na Figura 04. A etapa inicial de cruzamento dos mapas pedológico e geológico resulta no mapeamento geotécnico preliminar. De posse deste, devem ser realizados ensaios de campo ou laboratoriais a fim de determinar as características físicas e químicas do solo, que aliados ao perfil morfológico dos horizontes pedológicos serão capazes de identificar as unidades presentes na área de estudo.

As unidades geotécnicas devem ser nomeadas através da junção das siglas das classificações geológicas e pedológicas, que resultará em uma sigla composta por letras maiúsculas e minúsculas. As classificações geológicas podem ser encontradas na Tabela 08, enquanto as pedológicas estão citadas na Tabela 09.

Tabela 6: Simbologia simplificada das classes geológicas

Simbologia	Classificação
A	Aluviais
AQ	Areias Quartzosa
B	Brunizém
BV	Brunizém Vértico
C	Cambissolo
CB	Cambissolo Bruno
GH	Glei
HO	Solo Orgânico
LA	Latossolo Amarelo R Litólico
LB	Latossolo Bruno
LBC	Latossolo Bruno Câmbico
LBR	Latossolo Bruno-Roxo
LE	Latossolo Vermelho-Escuro
LR	Latossolo Roxo
LV	Latossolo Vermelho-Amarelo
P	Podzóis Indiscriminados
PB	Podzólico Bruno-Acinzentado
PE	Podzólico Vermelho-Escuro
PL	Planossolo
PLP	Planossolo Plíntico
PLV	Planossolo Vértico
PT	Plintossolo
PV	Podzólico Vermelho-Amarelo
TB	Terra Bruna-Estruturada
TBR	Terra Bruna-Roxa
TBV	Terra Bruna Podzólica
TR	Terra Roxa Estruturada
V	Vertissolo

Fonte: Davison Dias, 2001.

Tabela 7: Simbologia simplificada de classes pedológicas

Simbologia	Classificação
a	Arenito
ag	Argilito
an	Andesito
ar	Ardósia
b	Basalto
br	Brecha
c	Conglomerado
ca	Calcáreo
cm	Complexo metamórfico(*)
cr	Carvão
d	Diorito
da	Dacito
f	Folhelho
g	Granito
gd	Granitóide
gl	Granulito
gn	Gnaiss
ma	Mármore
p	Pelito
q	Quartzito
r	Riolito
s	Siltito
si	Sienito
sq	Sedimentos quaternários
st	Sedimentos terciários
x	Xisto

Fonte: Davison Dias, 2001

Higashi (2006) ressalta que, “A classificação geotécnica não deve ser confundida com a classificação pedológica, fato possível devido a origem das mesmas e a consequente semelhança na simbologia.”, sendo então importante destacar que a classificação pedológica é utilizada principalmente para fins agrônômicos, enquanto a geotécnica apresenta um comportamento voltado para a utilização do solo em obras de engenharia.

2.5 Sistemas de Informações Geográficas (SIG)

A obtenção e o conhecimento de informações sobre o meio físico sempre foram de grande importância para a realização de diversas atividades. No entanto, antes do desenvolvimento da informática, estas informações eram representadas em mapas e documentos de papel. A mudança para o ambiente computacional além de facilitar o entendimento, aperfeiçoou a produção e atualização de mapas e possibilitou o surgimento do Geoprocessamento.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são as ferramentas computacionais para o Geoprocessamento, sendo assim, os sistemas responsáveis pela realização do processamento computacional de dados geográficos. Por integrarem informações espaciais e não espaciais esses sistemas podem ser utilizados em diversas áreas, que vão de engenharias a saúde. Loch (2006) define os sistemas de informações geográficas da seguinte maneira:

O SIG é uma ferramenta que oferece a possibilidade de integrar os dados de diferentes

fontes e tipos, assim como sua manipulação. As operações de análise espacial e a possibilidade de visualização dos dados em qualquer tempo, durante todo o processo, fizeram do SIG um poderoso aliado tanto para as análises espaciais como para tomada de decisões (LOCH, 2006).

Segundo Barros (1998) os SIGs são ferramentas que apoiam o geoprocessamento e consistem de dados controlados e integrados através de utilitários de *software* e *hardware*. São muito utilizados em trabalhos de Mapeamento Geotécnico, como em caracterizações geológico – geotécnicas, e em atividades com planejamento urbano.

2.5.1 Dados em SIG

O SIG é capaz de arquivar diversas informações, como dados descritivos e espaciais. Para Mendes (2001), um objeto qualquer somente tem sua localização estabelecida quando se pode descrevê-lo em relação a outro objeto cuja posição seja previamente conhecida, ou quando se determina sua localização em relação a um sistema de coordenadas. A representação dos dados pode ser de origem matricial ou vetorial.

Os dados vetoriais são representados em forma de ponto, linha ou polígono. Na maioria dos SIG's não é possível produzir um arquivo vetorial composto por mais de uma forma geométrica, porém, pode-se compor um mapa sobrepondo diversos *layers* com variadas informações geográficas. (CHRIST, 2014). Ainda segundo a autora os elementos geométricos devem ser utilizados de acordo com a aplicação. Alguns exemplos de utilizações na área de engenharia estão citados a seguir:

Pontos: Podem ser utilizados para identificação de furos de sondagens, presença de mobiliários urbanos, locais onde foram coletadas amostras e pontos cotados.

Linhas: Usadas para representar curvas de nível e falhas geológicas, distribuição de água, esgoto, energia elétrica, entre outros.

Polígonos: Além da delimitação de áreas, polígonos são utilizados para definir unidades geotécnicas, uso do solo, zoneamento urbano e pedologia.

Os dados matriciais, que representam imagens de satélite ou aerofotogramétrica, são semelhantes a fotos ou imagens digitais. Quanto maior a quantidade dos pontos que formam a foto, maior a definição e consequentemente melhor será a qualidade da imagem.

Como mapas representam imagens de grandes dimensões, o tamanho do pixel é o principal fator que influencia na definição da imagem. No geral, um pixel de 60x60cm gera uma imagem de boa qualidade.

Por representar a superfície ponto a ponto, via de regra, os arquivos em formato matricial resultam em arquivos maiores. Isso por que quando convertido para o formato vetorial, cada pixel de igual valor será unificado formando um mesmo polígono. (CHRIST, 2014).

O banco de dados deve tornar possível a visualização dos mesmos sem demonstrar como estão armazenados e mantidos.

As etapas para a produção cartográfica a partir de dados em SIG podem ser resumidas em:

- Gerenciamento de banco de dados geográficos: Obtenção, armazenamento, integração e recuperação de dados.

- Análises espaciais: Realização de combinações e cruzamentos de dados, a partir de operações geométricas e topológicas, que resultarão em novos dados.
- Produção cartográfica: Edição e configuração da representação gráfica dos dados a fim de possibilitar a visualização gráfica na tela ou no papel.

2.6 Ensaio de Cisalhamento Direto

O ensaio de cisalhamento direto foi desenvolvido para determinar a resistência ao cisalhamento de um corpo de prova de solo. Holtz e Kovacs (1981) acreditam que este é o ensaio de determinação da resistência do solo mais antigo, além de ser um ensaio simples de ser realizado.

A execução é realizada na condição Consolidado-Drenado (CD), ou seja, o carregamento é feito de forma lenta para que evite a saída de água da amostra e consequentemente não haja pressão neutra. O ensaio pode ser dividido nas etapas de consolidação e de ruptura do corpo de prova.

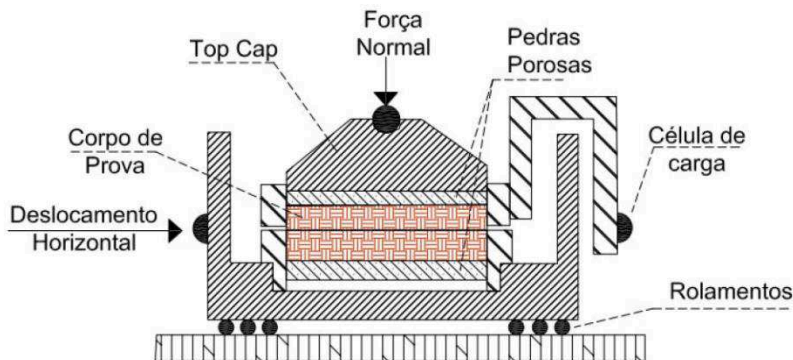
Durante a consolidação é realizada a aplicação de uma carga com valores semelhantes aos de atuação em campo, este carregamento gera saída de água da amostra e redução do índice de vazios. Não ocorrem variações laterais do corpo de prova, logo, as variações no volume são função do deslocamento vertical. Segundo Espindola *et al.* (2011) deve-se considerar que o corpo de prova é completamente

saturado, desta maneira, as mudanças no volume correspondem ao volume de água deslocada. A etapa de consolidação é concluída quando ocorre a estabilização das variações volumétricas.

A segunda etapa ocorre em seguida e tem como objetivo a verificação da maior tensão cisalhante que o solo pode suportar. O cisalhamento ocorre no interior de uma caixa de metal rígida onde o corpo de prova a ser ensaiado é posicionado. O cisalhamento direto pode ser realizado através de forças horizontais controladas, ou por deformações controladas, com velocidade constante e força crescente. (HEAD: EPPS, 1986). Desta forma obtém-se o valor da força necessária para cisalhar a amostra, além da deformação vertical da mesma.

Durante o ensaio a amostra contida na caixa de cisalhamento, que é separada horizontalmente ao meio, sofre a ação de uma força horizontal proveniente do deslizamento da parte superior sobre a inferior. Desta forma a amostra é cisalhada em um plano horizontal pré-definido. A força vertical é aplicada com o auxílio de um “*top cap*”. (GODOI, 2014). Os componentes básicos de uma caixa de cisalhamento encontram-se na Figura 05.

Figura 5: Componentes básicos de uma caixa de cisalhamento

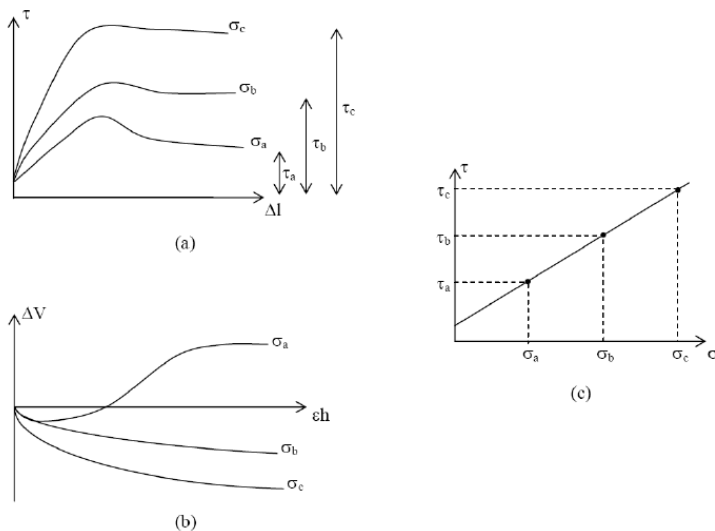


Fonte: Godoi (2014)

O resultado do ensaio é apresentado em um plano cartesiano cujas ordenadas representam a tensão de cisalhamento e as abscissas o deslocamento. Para Marangon (2009) também deve ser registrada a deformação vertical a fim de verificar se houve variação de volume no corpo de prova. Ainda, ao realizar o ensaio com valores de tensões normais diferentes obtém-se a envoltória de Mohr-Coulomb, que representa a resistência do solo ensaiado.

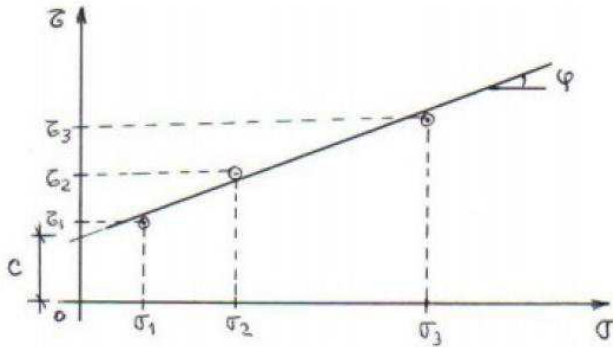
Diante disso, Holtz e Kovacs (1981) apresentam três gráficos obtidos em um ensaio genérico que podem ser observados na Figura 06. Na imagem (a) representa curva tensão deformação em três corpos de prova submetidos a diferentes tensões normais (confinantes), (b) a deformação vertical nos diferentes corpos de prova durante o processo de cisalhamento e (c) a envoltória de Mohr-Coulomb com os estados de tensões em que ocorreu a ruptura.

Figura 6: Resultados ensaio genérico de cisalhamento direto



Fonte: Holtz e Kovacs (1981)

Para obter a resistência efetiva do solo, o ensaio deve ser executado com uma velocidade parecida com a que o solo experimentará naturalmente. Também se observa que os resultados obtidos só são considerados confiáveis quando a ruptura ocorrer plasticamente, pois assim é garantido que não existe diferenciação dos esforços na seção do rompimento. (MARANGON, 2009). Os parâmetros c (coesão) e ϕ (ângulo de atrito) são determinados a partir da envoltória de Mohr-Coulomb, como mostrado na Figura 07.

Figura 7: Envoltória de Mohr-Coulomb

Fonte: Marangon (2009)

Godoi (2014) lembra que diversos autores apresentam vantagens e desvantagens do ensaio de cisalhamento direto, e cita como principais vantagens:

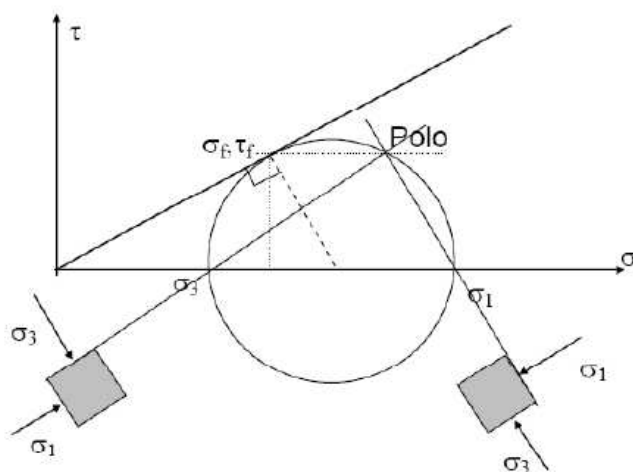
- É um ensaio rápido, barato e relativamente simples;
- Obtêm-se os parâmetros de resistência do solo;
- Pode-se observar claramente o plano de ruptura.

Ainda apresenta as desvantagens:

- Dificuldades no controle da drenagem na amostra (afeta o traçado das envoltórias de ruptura total e efetiva).
- O plano de ruptura ocorre sempre na direção horizontal, que não é necessariamente a geometria crítica para a ocorrência de ruptura no corpo de prova;

- Existem forças nas vizinhanças da amostra que levam a condições de não uniformidade da aplicação das tensões na amostra;
- Ocorre a rotação dos planos principais. A tensão normal e cisalhante são determinadas exclusivamente no plano horizontal, onde ocorre a ruptura;
- A determinação dos estados de tensão em outros planos só é possível após o traçado da envoltória de ruptura. Godoi (2014) apresenta isto por meio da Figura 08, onde também é possível verificar a rotação dos planos principais.

Figura 8: Magnitude e direção das tensões durante o ensaio de cisalhamento direto

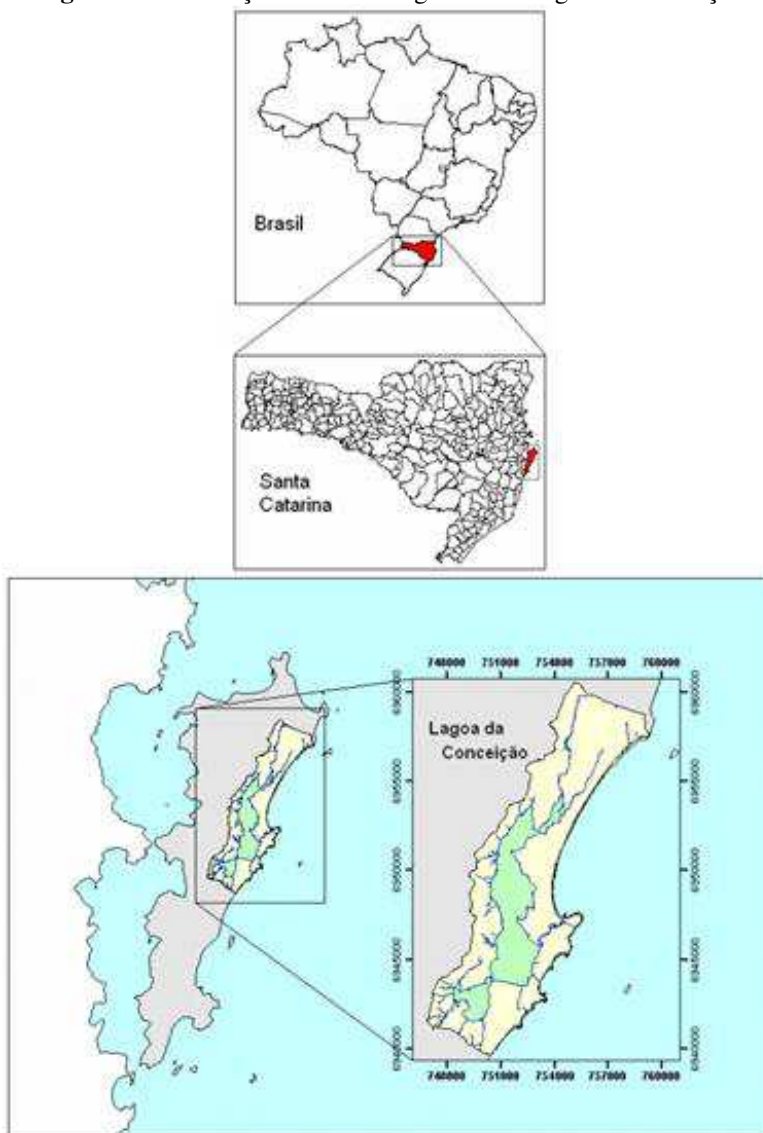


Fonte: Gerscovich, 2010

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na costa leste de Florianópolis, Ilha de Santa Catarina. Corresponde a parte da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição, situada entre os paralelos $27^{\circ}27' 17''$ e $27^{\circ}38' 36''$ Latitude Sul e entre os meridianos de $48^{\circ}22' 30''$ e $48^{\circ}29' 54''$ de Longitude a Oeste de Greenwich, conforme carta-base digitalizada do Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF). Possui 96.21 km^2 de área territorial e 116.78 km^2 de área total, isto é, considerando a área da laguna e do canal que faz a ligação da lagoa com o mar (SILVA, 2002). A Figura 9 mostra a localização da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição.

Figura 9: Localização Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição



Fonte: Silva, 2010.

3.1 Aspectos Climáticos

As características climáticas da área de estudo são controladas pela presença das massas Polar Marítima (Pa) e Tropical Marítima (Ta) do Atlântico. Possui o clima subtropical úmido, caracterizado por possuir inverno e verão bem definidos. A temperatura média anual é de 20,4°C e a umidade relativa do ar é de 80%. A localização próxima ao mar provoca uma circulação localizada de brisas terrestres e marítimas, o que impede que haja uma grande amplitude térmica durante o ano. No entanto, a passagem de frentes frias seguidas de massas polares podem baixar consideravelmente as temperaturas durante o inverno e tornar as temperaturas mais agradáveis durante o verão.

As chuvas são bem distribuídas, não havendo uma estação seca bem definida. Porém, Silva (2002) destaca que nos meses de inverno observam-se menos chuvas, normalmente leves e contínuas, e em fevereiro as chuvas são mais frequentes, quase sempre rápidas e torrenciais. A Tabela 10 apresenta as principais características climatológicas para o local de estudo.

Tabela 8: Características climáticas da região de Florianópolis

Mês	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)		Dias de chuva	Umidade de relat. (%)	Ventos	
	méd.	máx.	mín.	total	máx. em 24h			Veloc (m/s)	Direção
Jan	24,5	38,2	10	196,7	56,8	14,8	80,9	3,5	N
Fev	24,6	38,8	14,8	186,7	58,8	14,6	81,5	3,6	N
Mar	24,1	36,9	10,2	170	52,8	14,2	81,7	3,4	N
Abr	21,8	35,4	7,7	128,8	40,2	11,2	81,6	3,1	N
Mai	19,4	33,5	3,3	107,2	46,5	8,9	82,4	2,8	N
Jun	17,4	32	1,7	85,2	29,5	8,4	83,3	2,9	N
Jul	16,3	32,7	1,4	82,6	30	8,8	83,1	3,1	N
Ago	16,8	35	1,3	94,3	32	9,1	82,5	3,6	N
Set	17,8	32,9	4,9	117,1	37,6	11,6	82,8	3,8	N
Out	19,4	32,5	7,8	132,4	39,6	12,8	81,4	4,1	N
Nov	21,2	37,5	9,4	131,8	46,5	12,5	79,6	4,2	N
Dez	23	38,2	12,5	141,9	46,3	13,1	79,5	4	N

Fonte: EPAGRI (2007) apud Odreski (2012).

3.2 Uso e ocupação do solo

O uso e ocupação do território da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição foram estudados por Godoy (2007). Como resultados foram obtidos os valores disponíveis na Tabela 11 de acordo com a classificação estabelecida pelo autor:

Vegetação Arbórea: corresponde à cobertura vegetal natural ou reflorestada de porte arbóreo

Pastagens ou áreas de vegetação suprimida: áreas onde ocorre a supressão da vegetação

natural coberta por vegetação herbácea gramínea, cultivo ou solo exposto.

Áreas Urbanas: refere-se à parte da superfície em que estão presentes edificações como vilas, bairros e outras áreas com construções isoladas das concentrações urbanas.

Dunas Descobertas: área de dunas sem cobertura vegetal.

Dunas Cobertas por Vegetação: área de dunas recobertas por vegetação natural de porte arbóreo arbustivo.

Massas d'água: constituem os reservatórios de água naturais como a laguna e o seu canal de ligação com o oceano.

Praias: região costeira com areia e, em alguns casos, coberta com vegetação de restinga.

Sem Classe: são áreas onde não foi possível nenhuma identificação, por falta de fotografias ou por cobertura de nuvens. (GODOY, 2007)

Tabela 9: Uso e ocupação do solo

Classe	Área	
	km ²	%
Vegetação arbórea	32,8	41,98
Água	20,68	26,47
Área urbana	11,91	15,24
Vegetação rasteira	7,47	9,56
Vegetação dunas	2,47	3,16
Duna descooberta	1,06	1,35
Vias	0,68	0,87
Vegetação lagunar	0,18	0,22
Sem classificação	0,89	1,14
TOTAL	78,13	100

Fonte: GODOY, 2007.

Christ (2014) observa que apesar da área predominante na Bacia seguir a sequencia: vegetação arbórea, água e área urbana, a porção de água é usualmente desprezada durante a análise do uso e da ocupação do solo. Desta maneira, considera-se que a vegetação arbórea representa 57,08% e a área urbana cobre 20,73%.

3.3 Evolução urbana

A urbanização na região da Lagoa da Conceição iniciou na década de 1950. A ocupação foi inicialmente realizada ao longo das vias e aos poucos tomou o lugar das zonas agrícolas. Posteriormente foi intensificada com a instalação da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e das Centrais Elétricas do Sul (ELETROSUL), em bairros próximos ao local. Em vários pontos, devido ao adensamento

urbano, ocorreu a ocupação de encostas, inclusive em áreas com relevo acidentado (SILVA, 2002).

A partir dos anos 1980 houve um grande aumento no número de turistas frequentadores da área. Foi quando surgiu a nova atividade econômica, o turismo, que desde então passou a ser a principal atividade econômica da região, alterando o cotidiano da população.

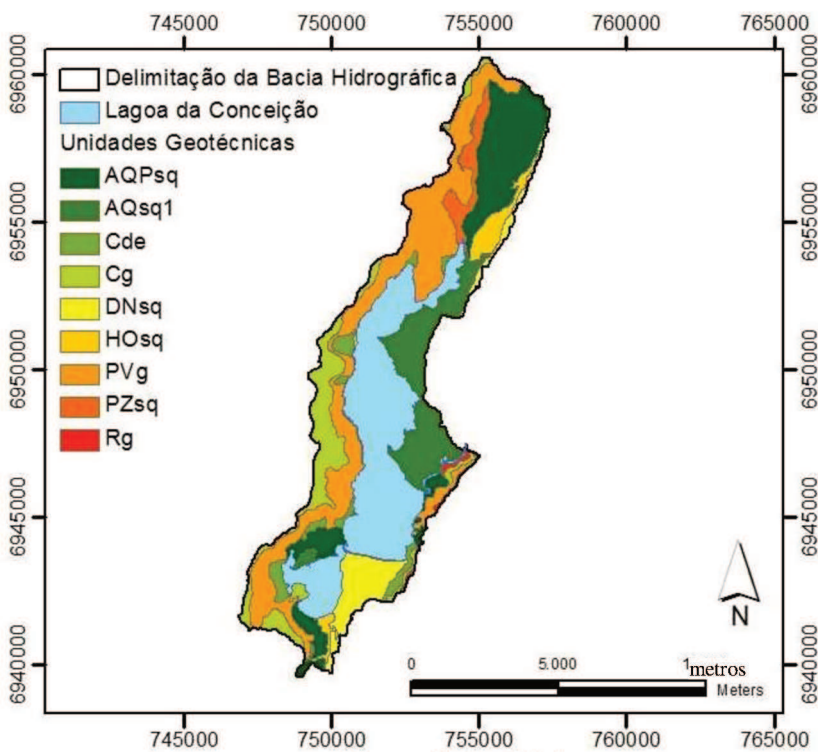
Segundo Christ (2014), o fato de o turismo ser a principal ferramenta de alteração na mancha urbana do território da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição, e que a cada nova temporada há um aumento dos frequentadores do local, a tendência é que sejam inseridas novas edificações que irão alterar ainda mais a urbanização do local.

Um estudo realizado por Odreski (2007) mostra que entre os anos de 1998 e 2004 houve um incremento de 14% na mancha urbana da área em estudo.

3.4 Unidades geotécnicas da Lagoa da Conceição

O Mapeamento Geotécnico realizado por Christ (2014), apresentado na Figura 10, apresenta as unidades geotécnicas da área correspondente à Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição. A autora também exhibe a Tabela 12 que mostra os valores das áreas obtidos para cada uma das unidades estudadas.

Figura 10: Mapeamento Geotécnico da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição



Fonte: Christ, 2014.

Tabela 10: Área das unidades geotécnicas:

Unidade Geotécnica	Área (Km ²)	Área (%)
Areia Quartzosa Podzoliza de substrato sedimentos quaternários - AQPsq	11,2	19,79
Areia Quartzosa de substrato sedimentos quaternários 1 - AQSq1	8,7	15,37
Cambissolo, depósito de encosta - Cde	2,5	4,42
Cambissolo de substrato granito - Cg	7,2	12,73
Dunas de substrato sedimentos quaternários – DNSq	4,7	8,31
Solo Orgânico de substrato sedimentos quaternários - Hosq	2,3	4,06
Podzólico Vermelho-Amarelo de substrato granito - PVg	17,4	30,74
Podzol Hidromórfico + Areias Quartzosas Hidromórficas de substrato sedimentos quaternário - PZsq	2,1	3,71
Litólico de substrato granito - Rg	0,5	0,88
Total	56,6	100

Fonte: Christ, 2014.

Os parágrafos seguintes descrevem as unidades que representam solos residuais de granito (Cg, PVg e Rg) pois as mesmas serão as unidades estudadas e analisadas neste trabalho.

Duarte (1999) descreve a unidade Rg (Litólico substrato granito) como solos jovens, com pouco desenvolvimento dos perfis e caracterizados pela não existência do horizonte B. Apresentam-se com os horizontes A, C e R ou ainda pelo horizonte A diretamente sobre a rocha. A autora ainda esclarece que em geral estes solos estão associados a afloramentos rochosos e que normalmente são encontrados

em topos de morros e encostas, já que se desenvolvem em relevos ondulados.

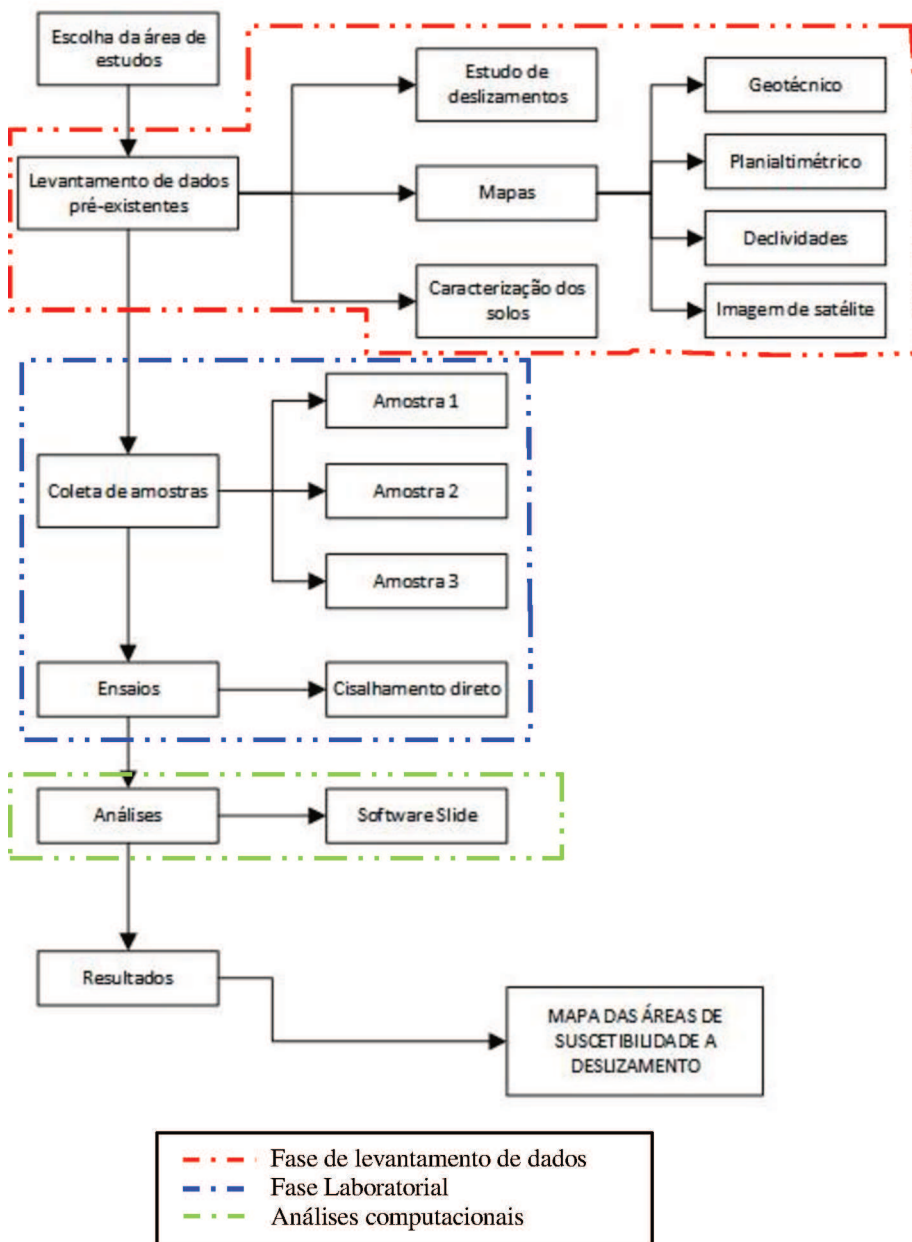
Os solos classificados como Cambissolo substrato granito (Cg) representam a transição entre os Litólicos e Podzólicos. São caracterizados por apresentarem horizonte B incipiente e com minerais da rocha de origem pouco intemperizados. Em locais com menor declividade podem apresentar horizontes A e B incipientes e C. Os Cg são normalmente encontrados próximos a topo de morros, em relevo acidentado (DUARTE, 1999).

Duarte (1999) também descreve a unidade PVg (Podzólico Vermelho-Amarelo substrato granito), que é considerada muito semelhante aos Cambissolos de substrato granito. O autor especifica que a maior diferença entre eles é que solos PVg apresentam horizonte B mais evoluído e ocorrem em ambientes com menor declividade. Os mesmos encontram-se à meia encosta e possuem os perfis típicos formados pelos horizontes A,B, BC, RA e R, no entanto nem sempre todos estão presentes.

Os horizontes A e B possuem pequena espessura, sendo o B um pouco mais argiloso, com cores vermelhas e amarelas e o A, mais escuro devido à matéria orgânica. O horizonte BC é mais claro, menos plástico e com menos coesão que o B. Já o C é saprolítico, apresenta uma coloração mais escura e apesar de ainda guardar a composição mineral e textura do granito, apresenta características mecânicas de solo (DUARTE, 1999).

4. MATERIAIS E MÉTODO

Este capítulo tem como objetivo a apresentação do método utilizado para realização do estudo em questão. O fluxograma ilustrado na Figura 11 apresenta as etapas efetuadas durante o trabalho e que serão abordadas nos próximos tópicos.

Figura 11: Fluxograma do método para desenvolvimento desta pesquisa

4.1 Levantamento de dados preexistentes

O desenvolvimento deste estudo iniciou com a realização da pesquisa bibliográfica, na qual foi possível visualizar com mais clareza a gravidade e as consequências causadas por deslizamentos.

Ainda, com base em Christ (2014) foram obtidos:

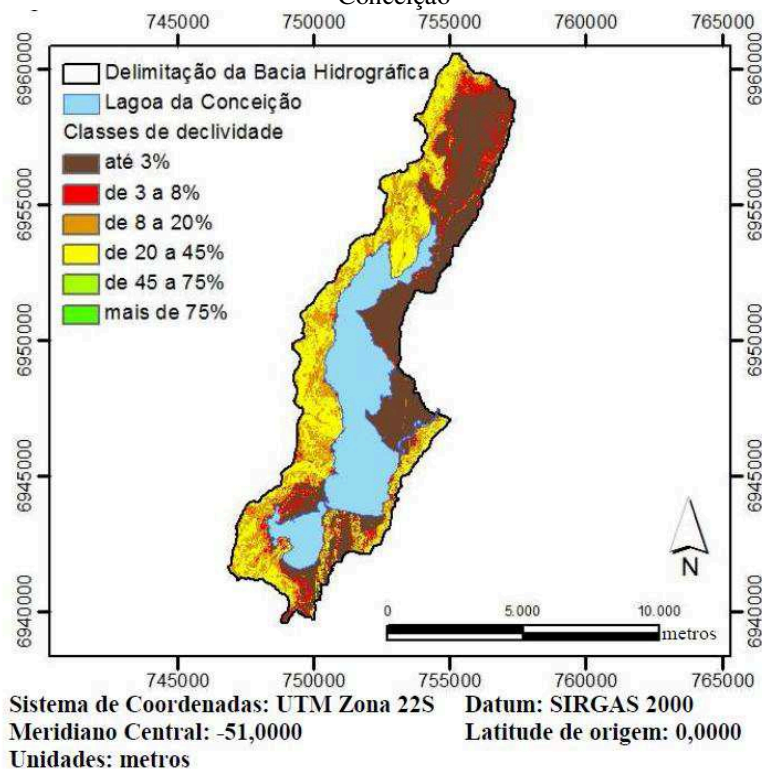
- Mapa geotécnico da região da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição, onde foram identificados os locais em que se encontram as unidades geotécnicas analisadas.
- Mapa planialtimétrico, que serviu de base para a obtenção das declividades do terreno, necessárias para a realização das análises de instabilidade.

A caracterização dos solos também foi retirada dos ensaios realizados por Christ (2014) considerando que, para este estudo, as amostras foram retiradas dos mesmos pontos de coleta utilizados pela autora.

4.1.1 Mapas

O Mapa geotécnico realizado por Christ (2014) encontra-se disponível na Figura 10, item 3.4, já o mapa de declividade do terreno pode ser observado na Figura 12.

Figura 12: Declividade do terreno da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição



Fonte: Christ, 2014.

4.1.2 Caracterização dos solos

Tendo em vista os solos de elevação, serão apresentados os valores obtidos por Christ (2014) para granulometria e peso específico dos solos.

A Tabela 13 apresenta os resultados do ensaio de granulometria do Cambissolo de substrato granito (Cg), que caracteriza o solo como silte argiloso. Já ensaios dos solos Litólicos de substrato granito (Rg)

classificam o mesmo em argila siltosa, cujos percentuais podem ser observados na Tabela 14. Para os solos Podzólicos Vermelho-Amarelo de substrato granito (PVg), a autora encontrou a granulometria disponível na Tabela 15, que classifica o solo como areia siltosa.

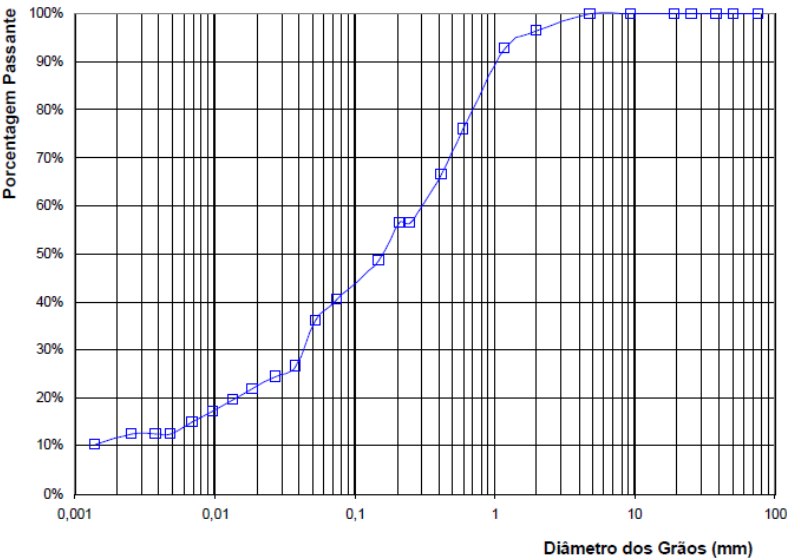
As Figuras 13 a 16 exibem as curvas granulométricas de cada unidade e a Tabela 16 apresenta os valores dos pesos específicos naturais e saturados para cada unidade.

Tabela 11: Granulometria Cg

		Areia			Pedregulho			de Mão
Argila	Silte	Fina	Média	Grossa	Fino	Médio	Grosso	
11,53	26,23	18,79	19,53	20,33	3,59	0,00	0,00	0,00

Fonte: Christ, 2014.

Figura 13: Curva granulométrica Cg



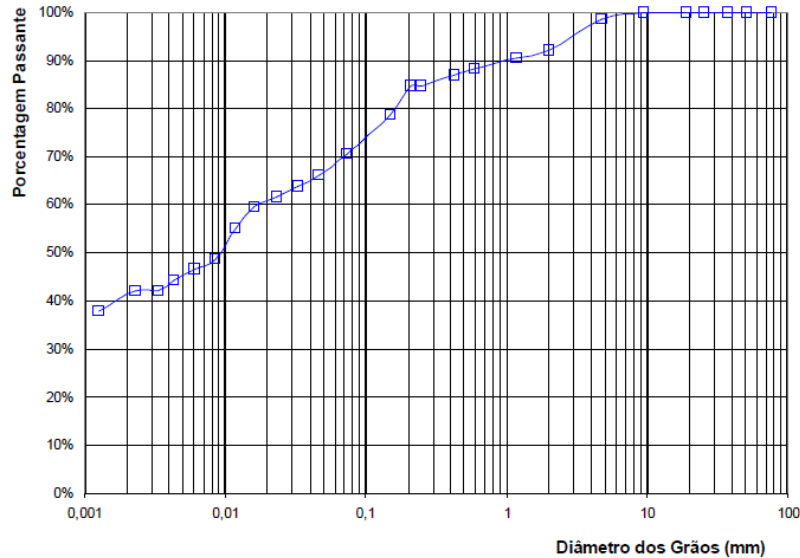
Fonte: Christ, 2014.

Tabela 12: Granulometria Rg

Argila	Silte	Areia			Pedregulho			de Mão
		Fina	Média	Grossa	Fino	Médio	Grosso	
40,99	27,36	16,43	3,47	3,95	7,8	0	0	0

Fonte: Christ, 2014.

Figura 14: Curva granulométrica Rg



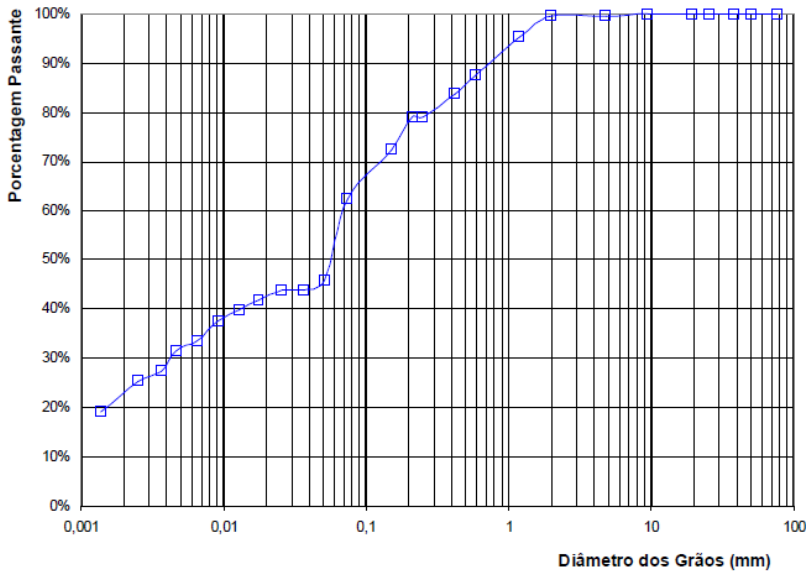
Fonte: Christ, 2014.

Tabela 13: Granulometria PVg

Argila	Silte	Areia			Pedregulho			de Mão
		Fina	Média	Grossa	Fino	Médio	Grosso	
22,71	29,74	20,70	8,34	12,06	0,46	0	0	0

Fonte: Christ, 2014.

Figura 15: Curva granulométrica PVg



Fonte: Christ, 2014.

Tabela 14: Pesos específicos

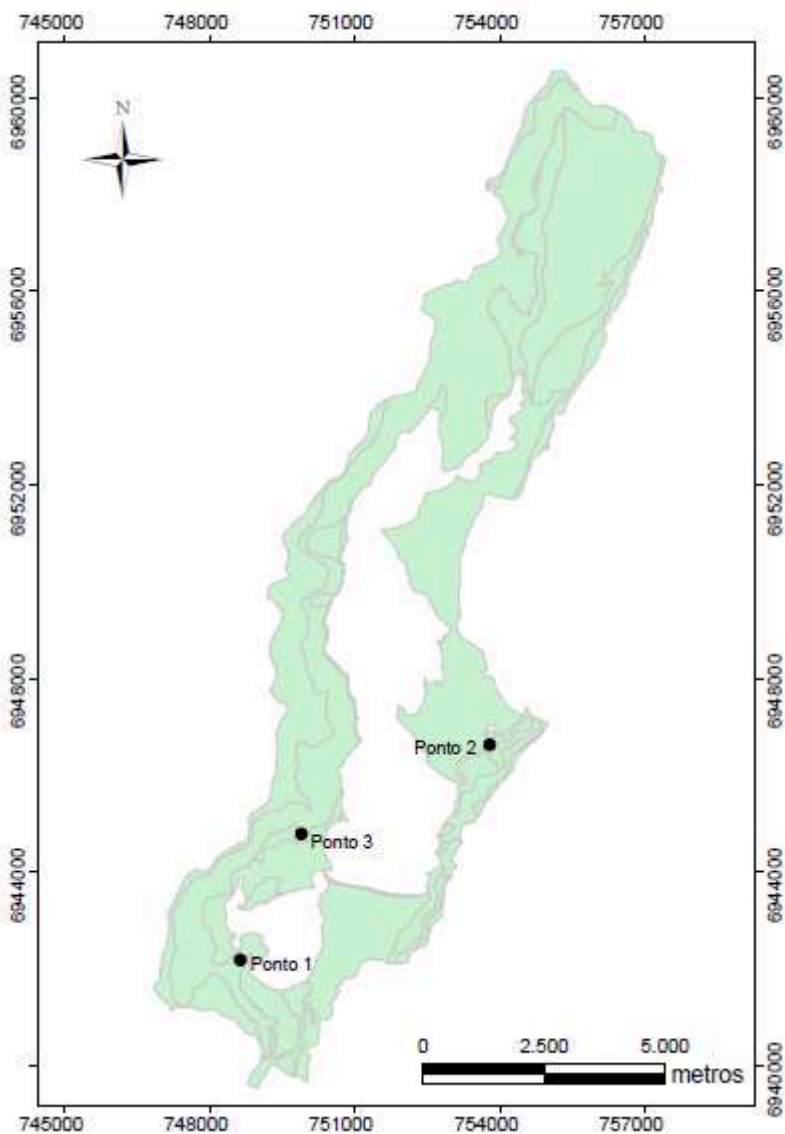
Unidade	Peso específico natural (KN/m³)	Peso específico saturado (KN/m³)
Cg	15,8	18,5
Rg	14,5	18,8
PVg	16,3	17,5

Fonte: Christ, 2014.

4.2 Coleta de amostras

As amostras foram coletadas nos pontos indicados conforme o mapa da Figura 13. O Ponto 1 corresponde ao solo de unidade Cg, o Ponto 2 refere-se à unidade Rg e o Ponto 3 representa o local de coleta do solo PVg. A sequência de imagens de 16 a 22 apresenta os locais e o processo de coleta das amostras.

Figura 16: Localização dos pontos de coleta de amostras



Fonte: Autora, 2016.

Figura 17: Local de coleta do solo Cg



Fonte: Autora, 2016.

Figura 18: Coleta do solo Cg



Fonte: Autora, 2016.

Figura 19: Local de coleta do solo Rg



Fonte: Autora, 2016.

Figura 20: Coleta do solo Rg



Fonte: Autora, 2016.

Figura 21: Local de coleta do solo PVg



Fonte: Autora, 2016.

Figura 22: Coleta do solo PVg



Fonte: Autora, 2016.

4.3 Execução dos ensaios

Os ensaios de cisalhamento direto foram realizados no Laboratório de Mecânica do Solos da UFSC, conforme a descrição do item 2.5 e com o objetivo de obter os valores de coesão e ângulo de atrito dos solos.

Para cada ponto foram ensaiadas três amostras em diferentes estágios, divididos de acordo com o valor da tensão normal aplicada:

- Estágio 1: Tensão normal de 32 KPa
- Estágio 2: Tensão normal de 75 KPa
- Estágio 3: Tensão normal de 124 KPa

A Figura 23 apresenta o equipamento utilizado, enquanto que a Figura 24 exibe uma das amostras ao final do ensaio.

Figura 23: Equipamento para ensaio de cisalhamento direto



Fonte: Autora, 2016.

Figura 24: Amostra cisalhada



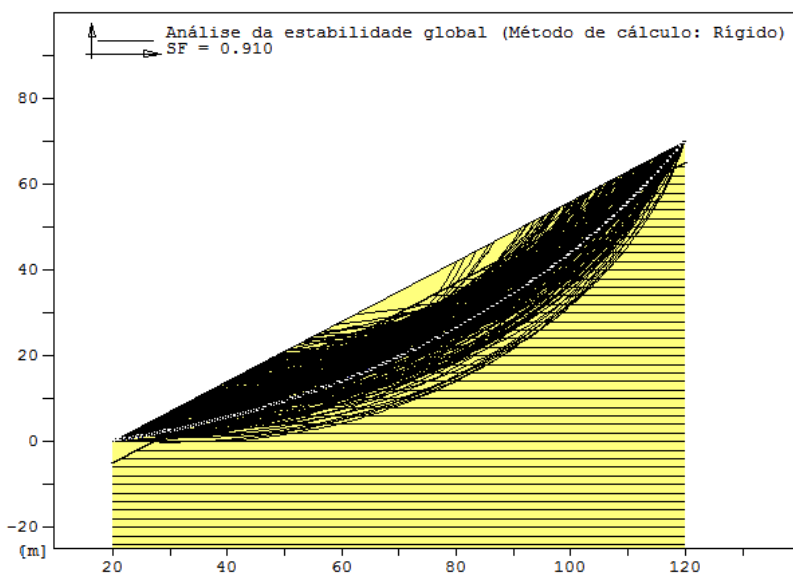
Fonte: Autora, 2016.

4.4 Análise e mapeamento das áreas de suscetibilidade a deslizamentos circulares

A análise de estabilidade foi feita por meio do *Software MacStars*, que é gratuito e disponibilizado pela empresa Maccaferri. O programa possibilita a realização do cálculo dos fatores de segurança a partir da inserção dos parâmetros do solo (coesão e ângulo de atrito), dos pesos específicos natural e saturado e da determinação de um perfil qualquer. Também é necessário identificar a superfície piezométrica, que para este estudo, foi considerada 5 metros abaixo do perfil do terreno.

A estabilidade é calculada com superfícies circulares de acordo com o Método de Bishop. A Figura 25 expõe a maneira de como o resultado é apresentado, exibindo o menor fator de segurança encontrado, em forma de uma linha pontilhada branca, para todas as linhas de ruptura simulada.

Figura 25: Exibição de resultados pelo software *MacStars*



A NBR 11.682/1991 – Estabilidade de Taludes estabelece os padrões de segurança de acordo com a Tabela 17.

Tabela 15: Padrões de segurança - NBR 11682

Grau de segurança	Fator de segurança mínimo
Alto	1,5
Médio	1,3
Baixo	1,15

Com base nessa tabela, as análises foram realizadas buscando as declividades críticas para cada tipo de solo, ou seja, quais as declividades de solo gerariam fatores de segurança de 1,5, 1,3 e 1,15.

Após a execução das análises, foi realizada a junção do mapeamento geotécnico obtido em Christ (2014) com o mapa de declividades da área da Bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição.

O cruzamento foi realizado por partes, primeiramente unindo apenas a unidade Cg e as declividades. Após este processo, repetiu-se o procedimento para as demais unidades encontradas na área de estudo, ou seja, as unidades Rg e PVg.

Em cada etapa, foram destacadas as inclinações obtidas nas análises de estabilidade e classificadas de acordo com o fator de risco estabelecido pela NBR 11.682/1991. Por fim, foi realizada a junção de todas as unidades da Bacia e apresentado um mapa final de estabilidade de encostas frente a deslizamentos circulares.

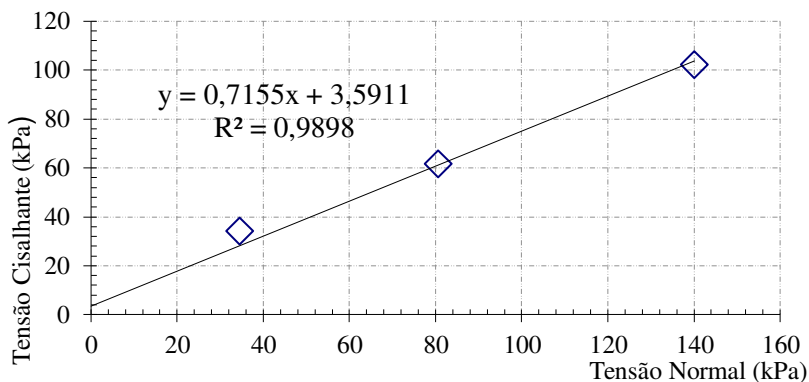
5. RESULTADOS E ANÁLISES

5.1 Resultados dos ensaios

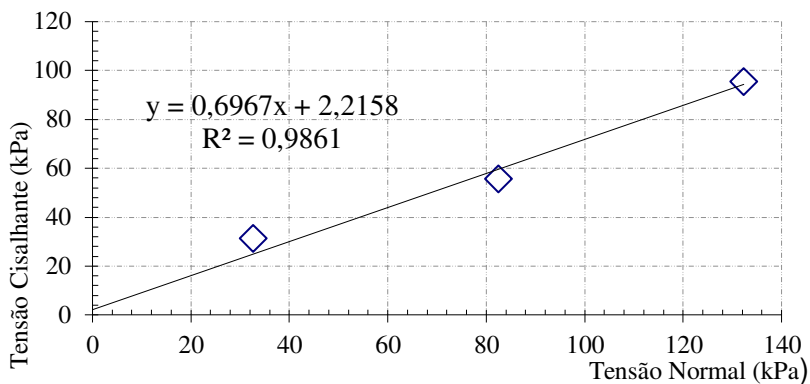
De posse dos resultados dos ensaios de cisalhamento direto, foi possível gerar as envoltórias de Mohr-Coulomb e a partir destas, obter os parâmetros dos solos correspondentes às unidades estudadas.

As Figuras 26, 27 e 28 apresentam as envoltórias geradas para cada solo ensaiado e a Tabela 18 mostra os valores resultantes de coesão e ângulo de atrito.

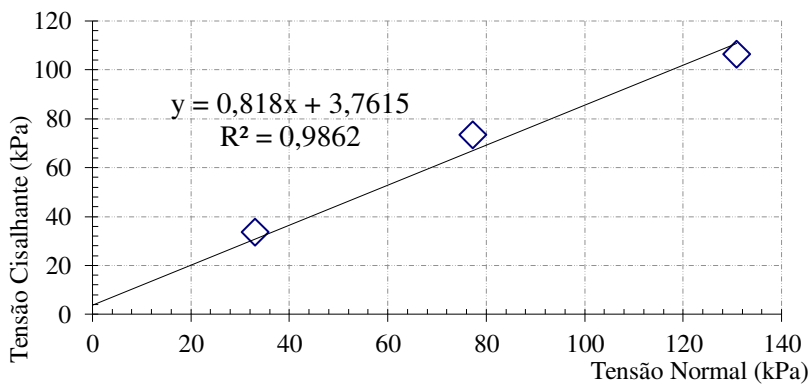
Figura 26: Envoltória de Mohr-Coulomb do Ponto 1 (Cg)



Fonte: Autora, 2016.

Figura 27: Envoltória de Mohr-Coulomb do Ponto 2 (Rg)

Fonte: Autora, 2016.

Figura 28: Envoltória de Mohr-Coulomb do Ponto 3 (PVg)

Fonte: Autora, 2016.

Tabela 16: Parâmetros dos solos ensaiados

Ponto	Coesão (c)	Ângulo de atrito (ϕ)
Cg	3,59 kPa	35,6°
Rg	2,22 kPa	34,9°
PVg	3,76 kPa	39,3°

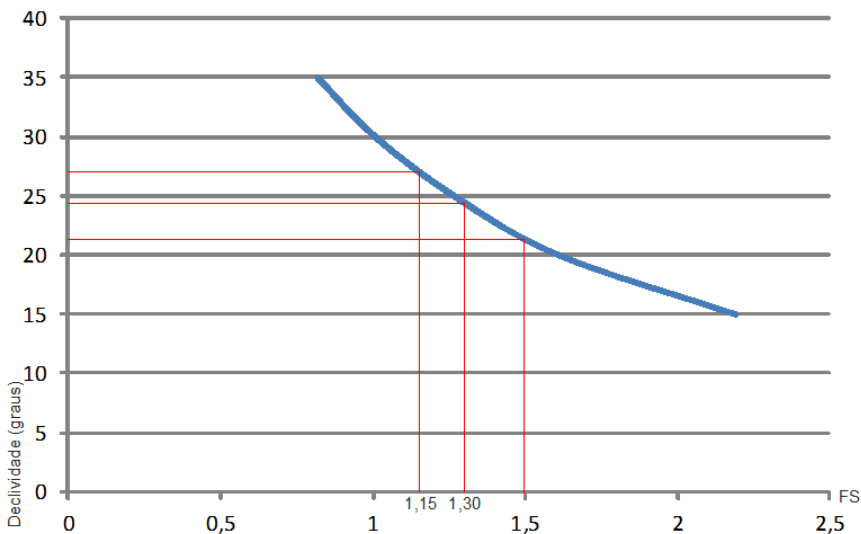
Fonte: Autora, 2016.

5.2 Análises de estabilidade

As análises de estabilidade foram calculadas para cinco perfis com as inclinações: 15°, 20°, 25°, 30° e 35°. Com os resultados encontrados para cada uma destas declividades, foram gerados gráficos que possibilitaram a obtenção das inclinações correspondentes aos fatores de segurança desejados.

5.3 Ponto 1 – Cg

Para o Cambissolo de substrato granito as análises de estabilidade resultaram no gráfico exibido na Figura 29. Por meio deste, foram obtidas as inclinações correspondentes aos valores dos fatores de segurança disponíveis na Tabela 19.

Figura 29: Gráfico Declividade x Fator de Segurança - Cg

Fonte: Autora, 2016.

Tabela 17: Declividades críticas - Cg

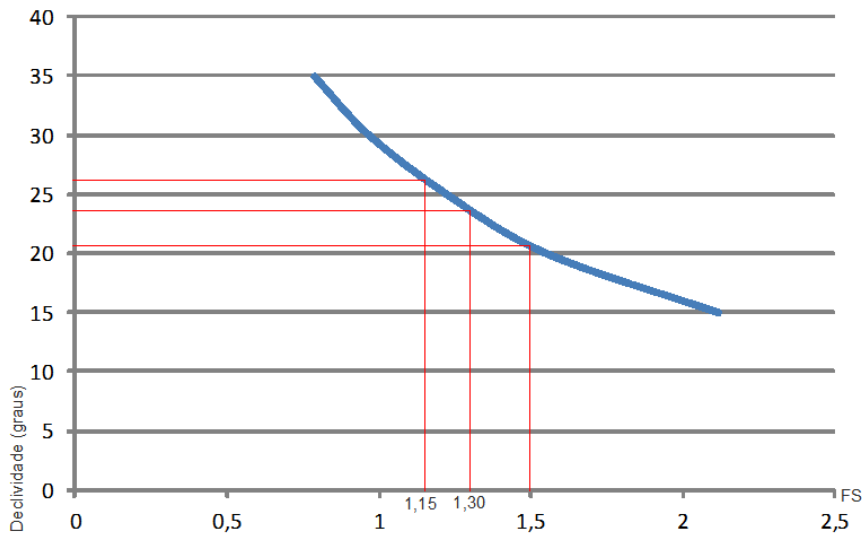
Fator de segurança NBR 11682/91	Declividade
1,15	27°
1,3	24°
1,5	21°

Fonte: Autora, 2016.

5.4 Ponto 2 – Rg

O gráfico correspondente à análise dos Litólicos de substrato granito encontra-se ilustrado na Figura 30, seguido da Tabela 20, que apresenta as declividades obtidas para a unidade.

Figura 30: Gráfico Declividade x Fator de Segurança - Rg



Fonte: Autora, 2016.

Tabela 18: Declividades críticas - Rg

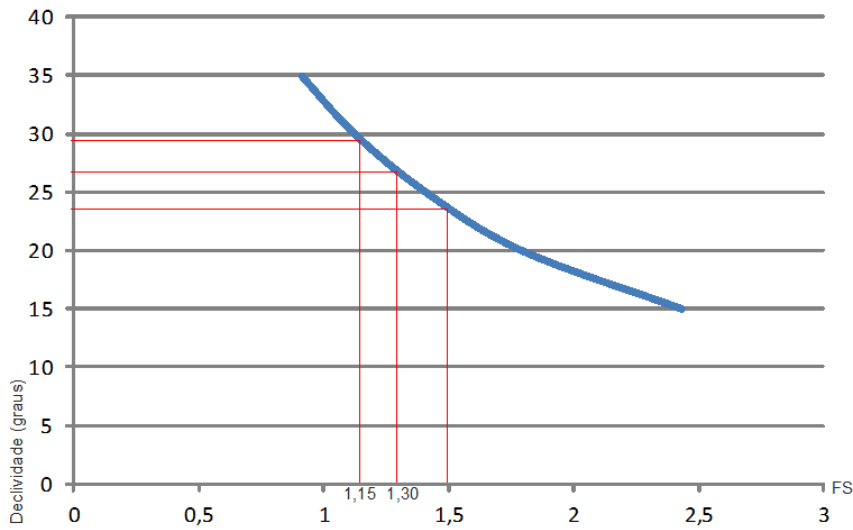
Fator de segurança	Declividade
1,15	26°
1,3	23°
1,5	20°

Fonte: Autora, 2016.

5.5 Ponto 3 – PVg

As análises do solo Podzólico Vermelho-Amarelo de substrato granito geraram o gráfico ilustrado na Figura 31. A Tabela 21 exhibe as declividades críticas para os fatores de segurança estabelecidos pela norma.

Figura 31: Gráfico Declividade x Fator de Segurança – PVg



Fonte: Autora, 2016.

Tabela 19: Declividades críticas - PVg

Fator de segurança	Declividade
1,15	29°
1,3	26°
1,5	23°

Fonte: Autora, 2016.

A Tabela 22 apresenta um quadro geral com todos os dados, dos três solos analisados, que foram necessários para o desenvolvimento deste estudo.

Tabela 20: Resumo dos dados utilizados

Solo	Declividade			Coesão	Ângulo de atrito	Peso específico natural	Peso específico saturado
	(graus)						
	FS 1,15	FS 1,30	FS 1,50				
Cg	27	24	21	3,59	35,6	15,8	18,5
Rg	26	23	20	2,22	34,9	14,5	18,8
PVg	29	26	23	3,76	39,3	16,3	17,5

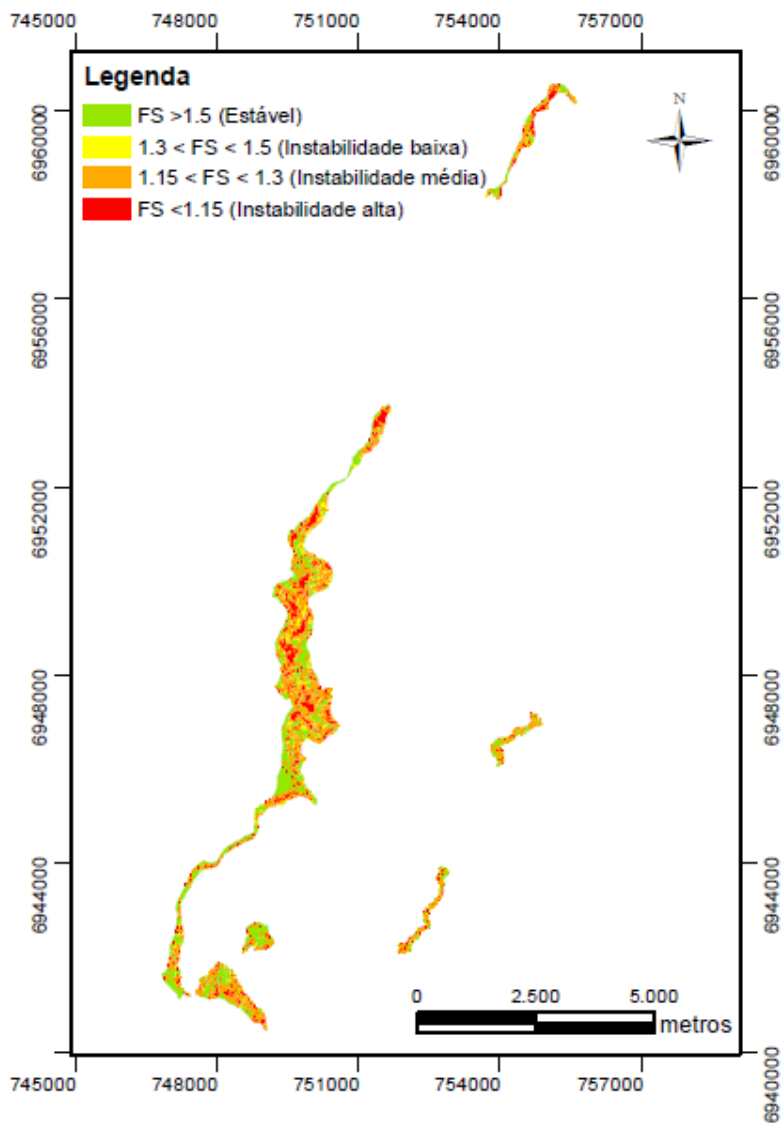
Fonte: Autora, 2016.

5.6 Mapeamento das áreas de suscetibilidade a deslizamentos circulares

A Figura 32 apresenta o resultado do mapeamento das áreas de suscetibilidade de deslizamento da unidade Cg, que está dividido de acordo com o resultado da análise do *Software MacStars*.

As áreas que apresentam o maior fator de risco correspondem as de inclinação maior que 27°, já os locais que possuem declividade de 25° até 27° estão classificados como áreas de médio risco. As zonas de baixo risco possuem inclinações de 22° a 24° e os locais com até 21° de declividade são considerados estáveis.

Figura 32: Mapeamento das áreas de suscetibilidade a deslizamentos circulares da unidade Cg

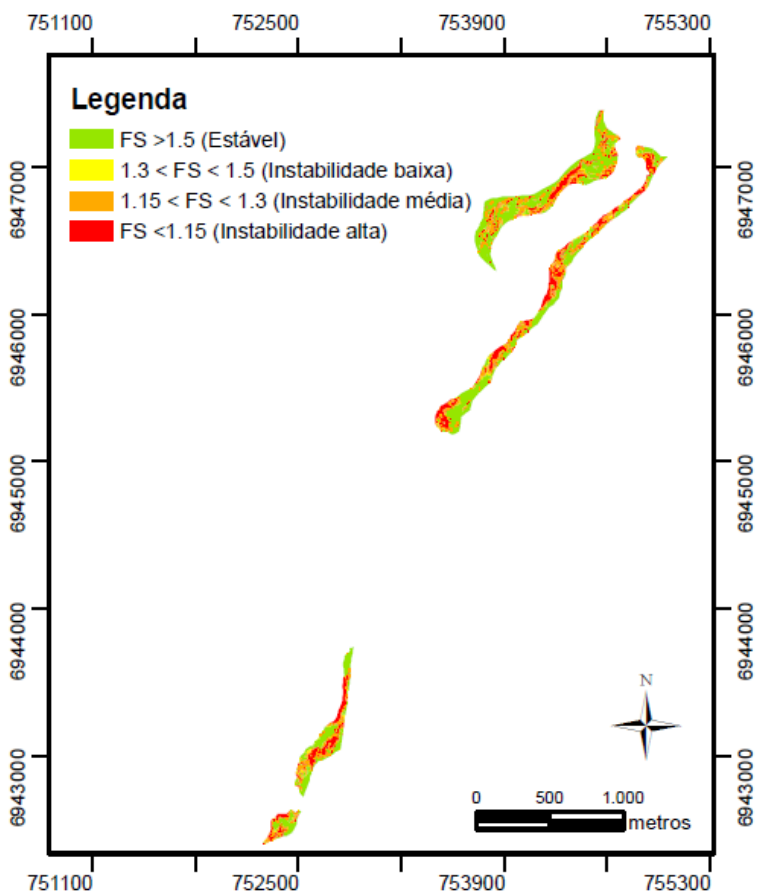


Fonte: Autora, 2016.

As Figuras 33 e 34 apresentam, respectivamente, o mapeamento das áreas suscetíveis a deslizamentos circulares das unidades Rg e PVg. Para o Rg, estão apontados como áreas de maior risco aquelas cuja inclinação é superior a 26° . As áreas de instabilidade média correspondem às com declividade de 24° a 26° e os de instabilidade baixa, de 21° a 23° . Os locais com até 20° de inclinação estão classificados como estáveis.

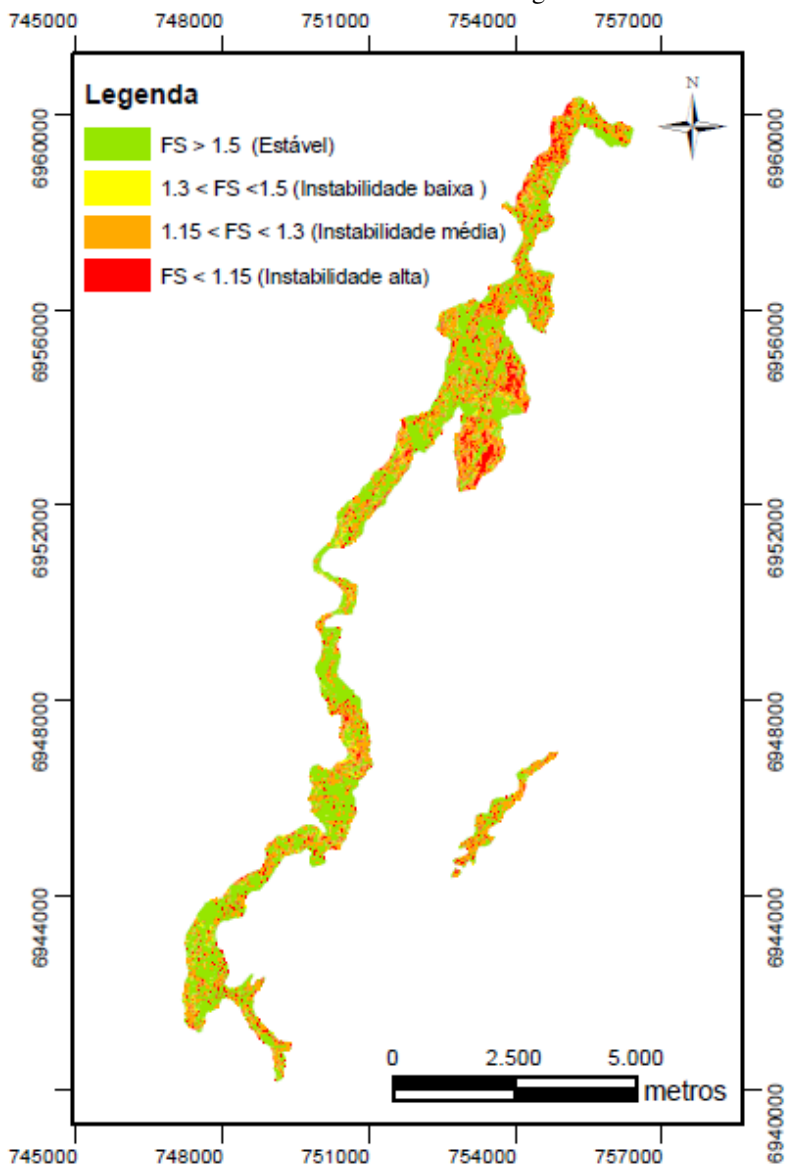
No PVg, as áreas de alta instabilidade apresentam inclinação mínima de 30° . As áreas com 27° a 29° possuem instabilidade média e as zonas de 24° a 26° apresentam baixo risco. Foram considerados estáveis os locais com declividade até 23° .

Figura 33: Mapeamento das áreas de suscetibilidade a deslizamentos circulares da unidade Rg



Fonte: Autora, 2016.

Figura 34: Mapeamento das áreas de suscetibilidade a deslizamentos circulares da unidade PVg



Fonte: Autora, 2016.

Para a composição do mapeamento das áreas de suscetibilidade a deslizamentos circulares de toda a Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição, foi necessário unir os mapas de cada unidade estudada com o mapeamento correspondente aos outros tipos de solos presentes no local.

As demais unidades que compõem a área de estudo são formadas por solos residuais e não possuem inclinações acima de 15°, desta forma, podem ser consideradas estáveis mesmo sem a realização de estudos e análises.

A Figura 35 ilustra o mapeamento das áreas de suscetibilidade a deslizamentos circulares da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição, enquanto que a Tabela 23 apresenta o valor das áreas de instabilidade e estabilidade de cada unidade.

A partir da Tabela, é possível verificar que a unidade composta pelo Cambissolo de substrato granito possui o maior percentual de áreas de instabilidade, apresentando aproximadamente 62% de seu território como área de suscetibilidade a deslizamentos.

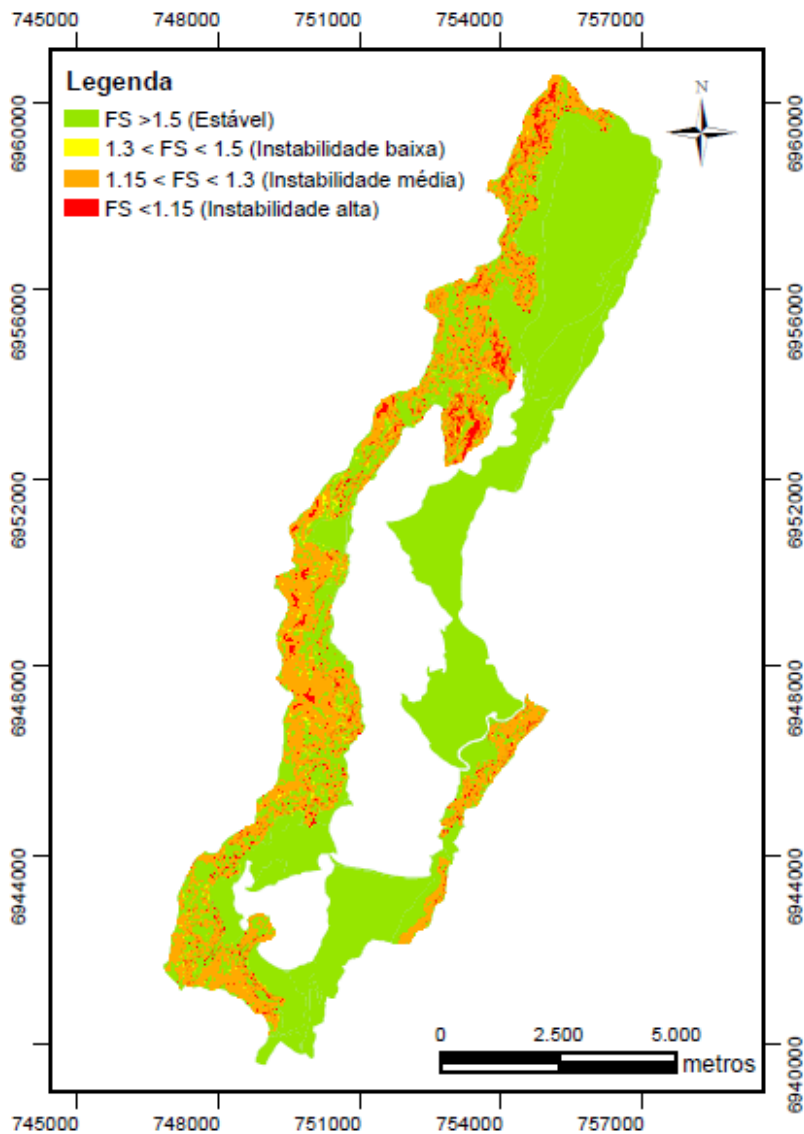
O solo PVg, no entanto, apesar de ser a mais extensa de todas as unidades, com uma área de 17,4 Km², possui o menor percentual de áreas instáveis, somando o total de 41,27%.

Tabela 21: Tabela das áreas de estabilidade na Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição

Unidade geotécnica	Área (km²)				Total
	Estável	Instabilidade baixa	Instabilidade média	Instabilidade alta	
Areia Quartzosa Podzoliza de substrato sedimentos quaternários - AQPsq	11,18	-	-	-	11,2
Areia Quartzosa de substrato sedimentos quaternários 1 - AQPsq1	8,83	-	-	-	8,83
Cambissolo, depósito de encosta - Cde	2,5	-	-	-	2,5
Cambissolo de substrato granito - Cg	2,73	1,58	1,11	1,76	7,18
Dunas de substrato sedimentos quaternários - DNsq	4,7	-	-	-	4,7
Solo Orgânico de substrato sedimentos quaternários -HOsq	2,37	-	-	-	2,37
Podzólico Vermelho- Amarelo de substrato granito -PVg	10,25	2,53	1,79	2,86	17,4
Podzol Hidromórfico + Areias Quartzosas Hidromórficas de substrato sedimentos quaternário - PZsq	2,1	-	-	-	2,1
Litólico de substrato granito - Rg	0,26	0,06	0,06	0,14	0,51
Total	44,92	4,17	2,96	4,76	56,8

Fonte: Autora, 2016.

Figura 35: Mapeamento das áreas de suscetibilidade a deslizamento na Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição

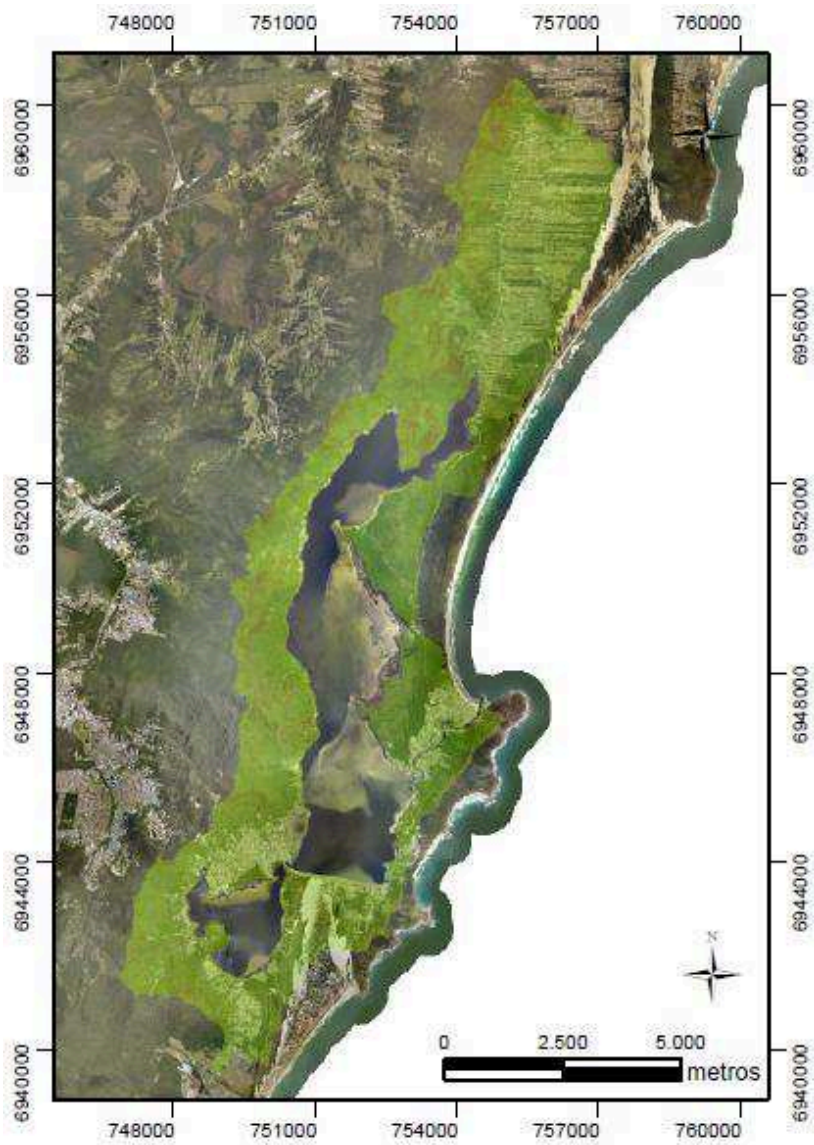


Fonte: Autora, 2016.

A Figura 36 representa a sobreposição do mapeamento das áreas suscetíveis a deslizamentos circulares na Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição com a imagem de satélite do local, disponibilizada pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

A partir desta, é visível que a maior concentração urbana encontra-se nas áreas classificadas com estáveis. Porém, já é possível encontrar pontos de ocupação em áreas de risco, principalmente da unidade PVg.

Figura 36: Visualização da macha urbana na área de estudo



Fonte: Autora, 2016.

6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

6.1 Conclusões

O presente trabalho teve como resultado um mapa que possibilita a identificação dos locais que apresentam suscetibilidade a deslizamentos circulares na área da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição.

Para criar este mapa, foi necessária a realização de ensaios de cisalhamento direto e indispensável a utilização do *software* de geoprocessamento, *ArcGis* e do *software* de estabilidade de encostas, *MacStars*.

Os ensaios de cisalhamento demonstraram que os solos residuais de substrato granito da região de estudo apresentam baixo valor de coesão, que variam de 2,22 a 3,76 KPa, e ângulos de atrito no intervalo de 34,9° a 39,3°.

As análises realizadas no *Software MacStars* mostraram que para o Cambissolo de substrato granito, inclinações acima de 21° tornam o solo instável e para as acima de 27°, o local pode ser considerado área de alto risco de deslizamento.

Para a unidade Litólico de substrato granito, a declividade de 20° já apresenta risco de escorregamento. A classificação de alto grau de instabilidade ocorre para locais que possuem inclinações maiores que 26°.

O Podzólico Vermelho-amarelo de substrato granito é classificado como local de alto risco caso apresente inclinações superiores a 29°, porém perfis com a partir de 24° já são considerados instáveis.

O *Software ArcGis* possibilitou, por meio do cruzamento do resultado das análises e do mapa das declividades do local, delimitar a área estudada em estável e instável.

Para a área do Cg, que possui cerca de 7,18 Km², o mapeamento apresenta 38% de áreas estáveis, 24,52% com alta instabilidade, além de 15,46% e 22%, respectivamente, de áreas de média e baixa instabilidade.

O Rg possui área de apenas 0,51 Km², das quais 49,02% são consideradas estáveis, 27,45% denominadas como alta instabilidade, 11,76% como média instabilidade e 11,76% classificadas com baixa instabilidade.

A área total do PVg na Bacia de estudo corresponde a 17,4 Km². O mapeamento classificou 58,91% dos solos como estável, 16,44% como área de alta instabilidade, 10,29% como média instabilidade e 14,54% como área de baixo risco.

O mapeamento das áreas de suscetibilidade de toda a bacia foi gerado após a junção dos mapas de suscetibilidade as três unidades estudadas com as demais unidades presentes na área de estudo. Considerando que a Bacia possui 56,8 Km² de área total, se somadas as áreas de alta e média suscetibilidade, pode-se considerar que 20,93% dos solos encontram-se classificados como áreas instáveis, sendo que 8,38% da área total apresentam alto grau de risco.

6.2 Sugestões

Para a produção de trabalhos futuros, sugere-se a elaboração do levantamento das construções existentes nos locais classificados como instáveis.

Ainda, sugere-se a realização do mapeamento das áreas de suscetibilidade a deslizamentos translacionais e em cunha da região da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição.

Também se recomenda um estudo da erodibilidade dos solos da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição, que podem ocasionar o assoreamento da Lagoa.

Por fim, sugere-se a realização do mapeamento das áreas suscetíveis a deslizamentos de outros locais, como as demais Bacias Hidrográficas de Florianópolis.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. C. J. de; FREITAS, C. G. L. de. **Uso do solo urbano: suas relações com o meio físico e problemas decorrentes.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 2, 1996, São Carlos. Anais... São Carlos: ABGE, 1996.
- ARAÚJO, S.B. **Administração de Desastres: Conceitos e Tecnologias.** SYGMA SMS. 3ª Edição. 2012.
- BARROS, M.A. **Sistemas de Informações Geográficas in Curso de Especialização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas.** Módulo 7 – Associação Brasileira de Educação Agrária, DEG/CCT/UFPB – Campina Grande, PB, 1998.
- CARVALHO, C.S. e GALVÃO, T. **Guia para Elaboração de Políticas Municipais. In: Prevenção de Riscos e Deslizamentos em Encostas,** Brasília: Ministério das Cidades/Cities Alliance, 2006, 111p.
- CHRIST, C.E. **Mapeamento de áreas susceptíveis ao colapso na Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição** – Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014, 174p.
- COMFORT, K. Louise; KILKON, KO; ZAGORECKI, Adam. **Coordination in Rapidly Evolving Disaster Response Systems: The Role of Information.** American Behavioral Scientist, American Behavioral Scientist, v. 48, n. 3, p. 295-313, 2004.
- COSTA JUNIOR, H. **Mapa de estimativa de unidades geotécnica de São José do Pinhais – PR.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2001, 133p.
- CRED – Centre for Research on the Epidemiology of Disasters - **Annual Disaster Statistical Review 2013**, disponível em: cred.be/sites/default/files/ADSR_2013.pdf. Acesso em: 05 de setembro de 2016.
- CUNHA, M.A. (Org). **Ocupação de encostas.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, p.234, 1991.

DAVISON DIAS, R. **Aplicação de pedologia e geotecnia do projeto de fundações de linhas de transmissão** - Tese (doutorado) em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1987.

DAVISON DIAS, R. **Proposta de uma metodologia de estudos geotécnicos para implantação de rodovias, estradas rurais e vicinais em solos brasileiros.** In: Reunião Anual de Pavimentação, Florianópolis, SC, 2001, Anais.

DUARTE, S.B. **Utilização de Sistemas de Informações Geográficas na Análise do Meio Físico e do Uso do Solo na Lagoa da Conceição – Florianópolis.** Florianópolis –SC: Dissertação (mestrado) em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.

ESPÍNDOLA. M. DA S. **Análise dos parâmetros geotécnico dos solos moles da obra de ampliação do Aeroporto Internacional Hercílio Luz, Florianópolis.** Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

FERNANDES, N.F.; GUIMARÃES, R.F.; GOMES, R.A.T.; VIEIRA,B.C.; MONTGOMERY, D.R., GREENBERG, H. **Condicionantes Geomorfológicos dos Deslizamentos nas Encostas: Avaliação de Metodologias e Aplicação de Modelo de Previsão de Áreas Susceptíveis.** Revista Brasileira de Geomorfologia, v.2, n.1, p.51- 71, 2001.

FORTES, R. M. **Método Expedito de Identificação de Solos Tropicais para Finalidades Rodoviárias Utilizando-se Anéis de PVC rígidos.** Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica USP, São Paulo, 1990, 228p.

FORTES, R. M.; NOGAMI, J. S. **Método Expedito de Identificação do Grupo MCT de Solos Tropicais utilizando-se Anéis de PVC Rígido.** In: 25ª REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, São Paulo, 1991. Anais... ABPv, v.1, p.591-604.

FREIRE, E.S.M. **Movimentos coletivos de solos e rochas e sua moderna sistemática** – Revista Construção, Rio de Janeiro, 1965.

GERSCOVICH, D.M.S. **Resistência ao Cisalhamento** – Apostila. FEUERJ -PGECIV. 2010.

GODOI, C.S. Caracterização geomecânica de um solo residual de gnaiss – Santo Amaro da Imperatriz, Santa Catarina – Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014, 212p.

GODOY, F. B. Caracterização Temática da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição – Florianópolis – SC. Florianópolis – SC: Trabalho de Conclusão de Curso (graduação), em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

GODOY, H.; NOGAMI, J. S.; CARVALHO, A. Procedimentos para a Caracterização Geotécnica de Perfis em Solos de Granitos e Gnaisses para Obras Viárias. In: SOLOS E ROCHAS, 1994, v.17, n.1, p.31-44.

GODOY, H.; BERNUCCI, L. B.; NOGAMI, J. S. Diretrizes para a Identificação Expedita de Solos Lateríticos para Uso em Obras Viárias. In: 30ª REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, Salvador, 1996, Anais... ABPV, v.2, p.557-568.

GODOY, H. Identificação e classificação geotécnica de latossolos do Estado de São Paulo pelo método das pastilhas MCT – Tese de doutorado – Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 1997, 132p.

GOMES, R.A.T. Modelagem de Previsão de Movimentos de Massa a Partir da Combinação de Modelos de Escorregamentos e Corridas de Massa. 180p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2006.

GUESSER, L. H. Elaboração do mapa geotécnico preliminar e mapa áreas suscetíveis a movimentos de massa do município de Antônio Carlos-SC – Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013, 168p.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C.M. Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação. Edgard Blucher, 194p. 1984.

HIGASHI, R. R. Metodologia de Uso e Ocupação dos Solos de Cidades Costeiras Brasileiras Através de SIG com Base no

Comportamento Geotécnico e Ambiental – Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006, 485p.

HOLTZ, R.D.; KOVACS W.D. **An Introduction to Geotechnical Engineering**. Prentice – Hall, New Jersey, 1981.

IFRC - International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. Página web disponível em: www.ifrc.org/. Acesso em 05 de setembro de 2016.

INFANTI JR., N.; FORNASARI FILHO, N. 1998. **Processos da Dinâmica Superficial**. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. (eds) Geologia de Engenharia. São Paulo: ABGE, 1998. p. 131-152.

JGP - Gestão ambiental, **Análise de risco e planejamento de obras emergenciais em 23 áreas de ocupação irregular no município de São Bernardo do Campo**. Página web disponível em: <http://www.jgpconsultoria.com.br/projrefer/23areas/index.php>. Acesso em: 05 de setembro de 2016.

LACERDA, A. **Deslizamento de terra nos morros em Teresópolis (RJ) após as fortes chuvas, 2011**. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/brasil/cidades-brasileiras-enfrentam-o-verao-despreparadas-para-as-chuvas/>. Acesso em: 05 de setembro de 2016.

LOCH, R. E. N. **Cartografia: representação, comunicação e visualização de dados espaciais**. Florianópolis – SC: Ed. da UFSC, 2006.

MAFRA JR, C. S. **Elaboração do mapa preliminar de unidades geotécnicas do município de Brusque associado a um banco de dados geotécnico em ambiente de SIG**. Florianópolis, 2007, 123 pg.

MARANGON, M. **Resistência ao Cisalhamento dos Solos**, 2009. Disponível em: http://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/ms2_unid05-P1.pdf. Acesso em 30 de agosto de 2016.

MARCELINO, E. V. **Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos**. Caderno didático nº 1. INPE/CRS, Santa Maria, 2008. 40p.

MASSAD, F. **Obras de terra: curso básico de geotecnia**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 216 p.

MONTGOMERY, D.R.; DIETRICH, W.E.A. **Physically based model for the topographic control on shallow landsliding**. *Water Resources Research*, v.30, n.4, p.1153-1171. 1994.

MORETTI, R. de S. Loteamentos: **Manual de recomendações para elaboração de projeto**. São Paulo, ITP, 1986, 47p.

NOGAMI, J. S.; BERNUCCI, L. L. B.; VILLIBOR, D. F. **Contração de Solos Arenosos Finos Lateríticos: Simplificações para a Escolha desses Solos para Bases de Pavimentos de Baixo Custo**. In: 29ª REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, Anais, Cuiabá, 1995, ABPv, v.1, p.345-363.

NOGAMI, J. S.; COZZOLINO, V; M. N. A **Identificação de Solos Tropicais: Dificuldades e Proposta de um Método Preliminar**. In: 20ª REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, Anais, Fortaleza, 1985, ABPv, p.117-134.

NOGAMI, J.S. E VILLIBOR, D.F. **Identificação Expedita dos Grupos da Classificação MCT para Solos Tropicais**. In: X COBRAMSEF, Foz do Iguaçu. Anais... São Paulo, ABMS, 1994, v.4, p.1293-1300.

NOGAMI, J. S. e VILLIBOR, D. F. **Pavimentação de Baixo Custo com Solos Lateríticos**. São Paulo, Editora Villibor, 1995, 213p.

ODRESKI, L. F. R. **Alterações da cobertura do solo da bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição - Florianópolis – SC**. Florianópolis – SC: Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

RAIMUNDO, H. A. **Aspectos geotécnicos e pluviométricos associados a instabilidade de encostas em Florianópolis – SC** – Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998, 325 p.

RAMOS, V.M.; GUIMARÃES, R.F.; CARVALHO JÚNIOR, O.A.; REDIVO, A.L.; GOMES, R.A.T.; CARDOSO, F.B.F.; FERNANDES,

N.F. Algorithm Development for Incorporating Soil Physical Properties of each Different Soil Class in a Landslide Prediction Model (SHALSTAB). Soils and Rocks, v. 30, n. 3, p.139-148, 2007.

SANT'ANA, W.C. Estudo de misturas de areia-asfalto a quente para o estado do Maranhão – Dissertação de mestrado - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002, 155p.

SBROGLIA, R.M. Mapeamento Geotécnico e das áreas suscetíveis a deslizamentos na Microbacia do Ribeirão Baú, Ilhota/SC – Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015, 187p.

SCHEUREN, J-M., POLAIN, O; BELOW, R; GUHA-SAPIR, D; PONSERRE, S. 2008. **Annual Disaster Statistical Review - The Numbers and Trends 2007**. CRED - Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. 2008, UniversitéCatholique de Louvain, Brussels, Belgium.

SILVA, J. C. Análise numérica da influência do rio João Gualberto sobre a hidrodinâmica residual da Lagoa da Conceição. Florianópolis – SC. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2010.

SILVA, M.L.G.S. Análise da Qualidade Ambiental Urbana da Bacia Hidrográfica da Lagoa da conceição. Florianópolis - SC: Dissertação (mestrado) em Engenharia Civil, Universidade Federal da Santa Catarina, 2002.

SOUZA, A. M. S. Mapeamento de áreas suscetíveis a deslizamentos rasos na região da bacia do Rio Camboriú – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015, 110p.

SOUZA, C. R. G. et al. Desastres naturais: conhecer para prevenir. 1. Ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 196 p.

VARNES, D.J. Slope movement types and processes. In: R.J. Schuster and R.J. Krizek (eds), Landslides, Analysis and Control. Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Washington, DC. Special Report 176, 1978.

VIEIRA, S. F. Análise e mapeamento das áreas suscetíveis a movimentos de massa no setor central da Serra da Esperança, na divisa entre os municípios de Guarapuava e Prudentópolis - PR. Florianópolis, SC, 2008. 193 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Programa de Pós-Graduação em Geografia.

TAKAYA, H. Estudo da Sedimentação Neogênica-quadernária no Município de São Paulo: Caracterização dos Depósitos e suas Implicações na Geologia Urbana. Tese de Doutorado – Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997. 152p.

VARNES, D. J. Slope movement types and processes. In: SCHUSTER, R.L.; KRIZEK, R. J. (Ed.). special report 176: landslides: analysis and control. National Research Council, Washington, DC, 1978.

WILVERT, S. R. Análise das áreas de risco relacionadas à dinâmica do meio físico na cidade de Antônio Carlos – SC - Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-graduação em Geografia, Florianópolis, 2010, 143p.

WICANDER, R.; MONROE, J.S.; PETERS, E.K. Essentials of geology. In: Fundamentos de Geologia. Tradução AVRITCHER, H. O. Revisão CARNEIRO, M. C. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

ZUQUETTE, L. V. Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras. Tese de Doutorado em Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1987, 657p.

APÊNDICE I – Gráficos dos ensaios de cisalhamento direto

Ponto 1 – Cambissolo de substrato granito

- Estágio 1

Figura 37: Gráfico Tensão cisalhamento x Deformação horizontal - Cg Estágio 1

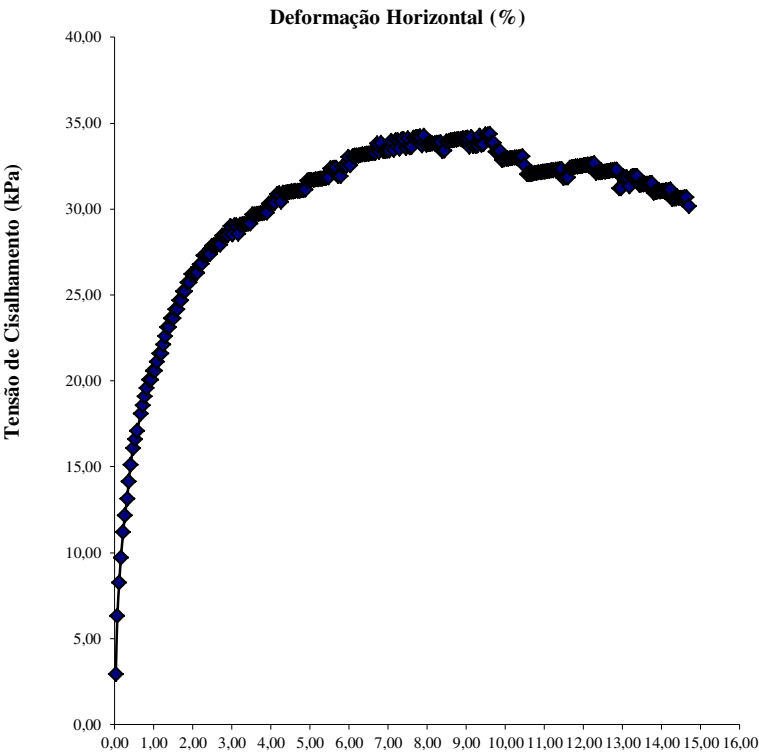
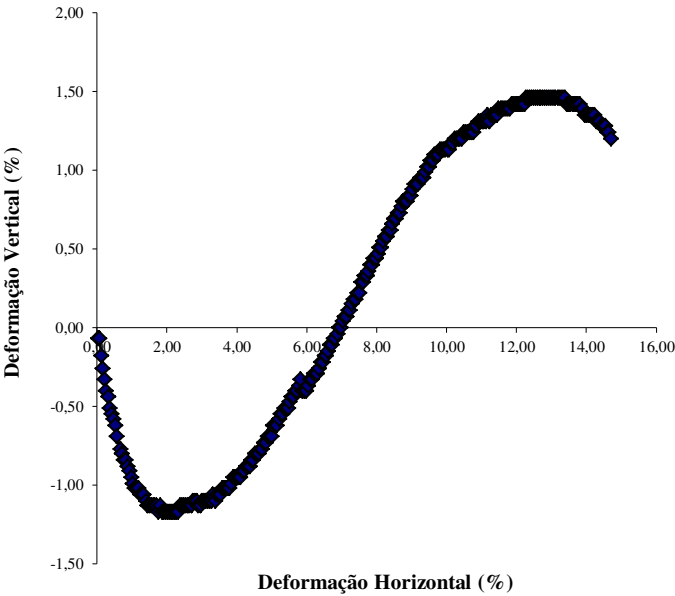


Figura 38: Gráfico Deformação vertical x Deformação horizontal - Cg
Estágio 1



- Estágio 2

Figura 39: Gráfico Tensão cisalhamento x Deformação horizontal - Cg Estágio 2

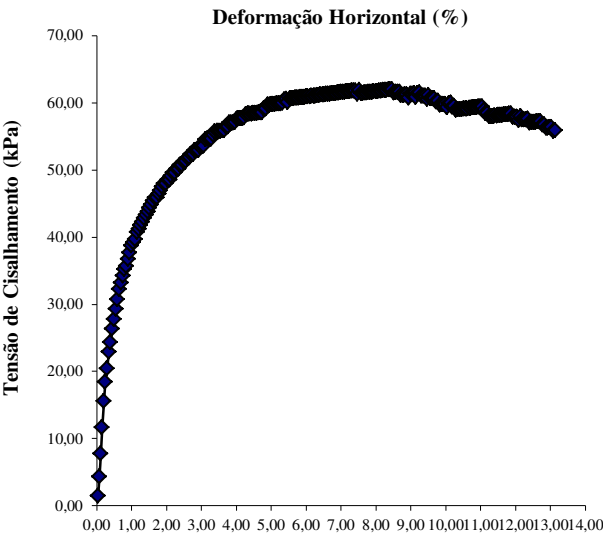
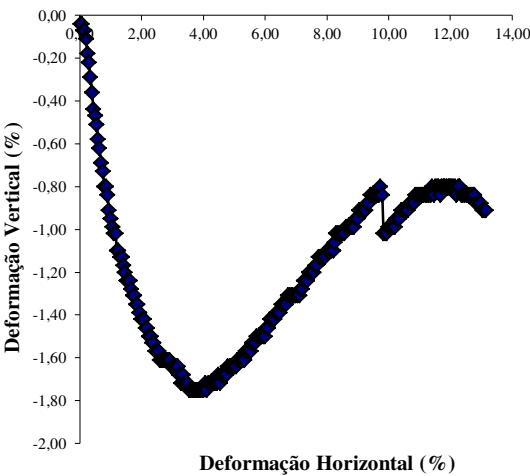


Figura 40: Gráfico Deformação vertical x Deformação horizontal - Cg Estágio 2



- Estágio 3

Figura 41: Gráfico Tensão cisalhamento x Deformação horizontal - Cg
Estágio 3

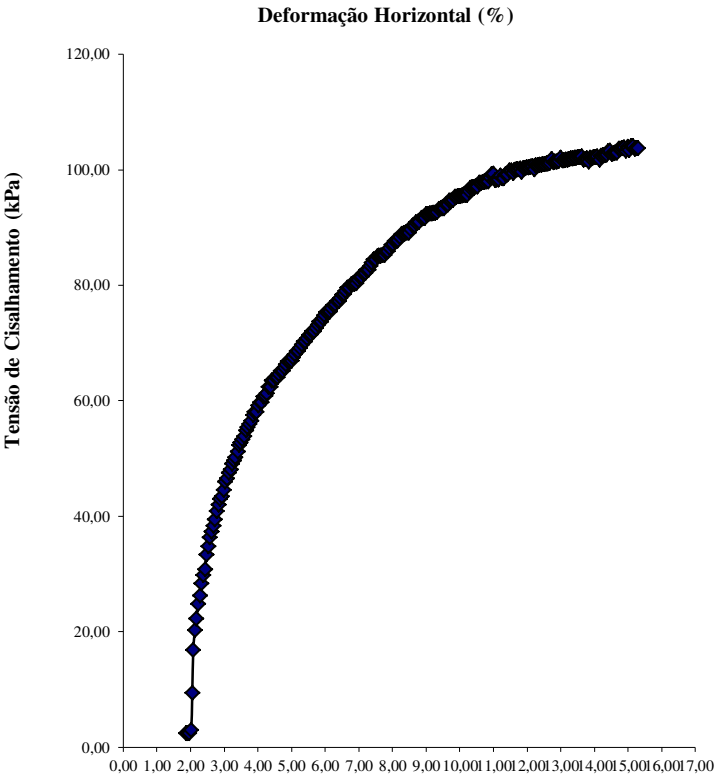
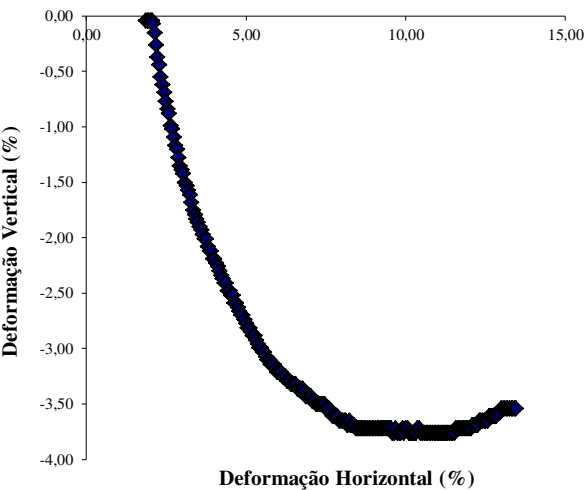


Figura 42: Gráfico Deformação vertical x Deformação horizontal - Cg
Estágio 3



Ponto 2 – Litólico de substrato granito

- Estágio 1

Figura 43: Gráfico Tensão cisalhamento x Deformação horizontal - Rg
Estágio 1

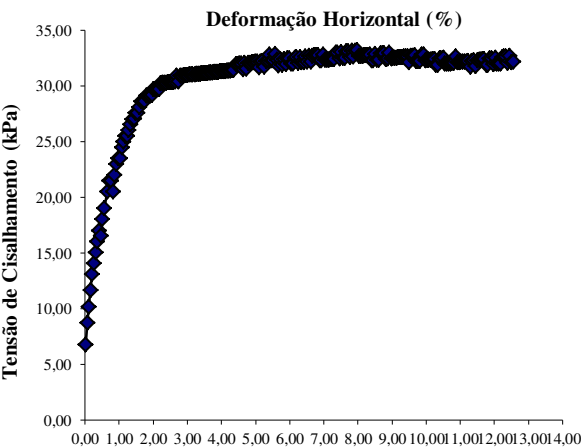
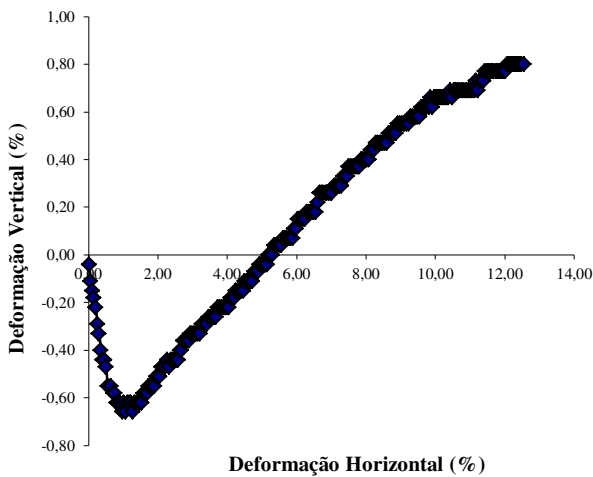


Figura 44: Gráfico Deformação vertical x Deformação horizontal - Rg Estágio 1



- Estágio 2**

Figura 45: Gráfico Tensão cisalhamento x Deformação horizontal - Rg Estágio 2

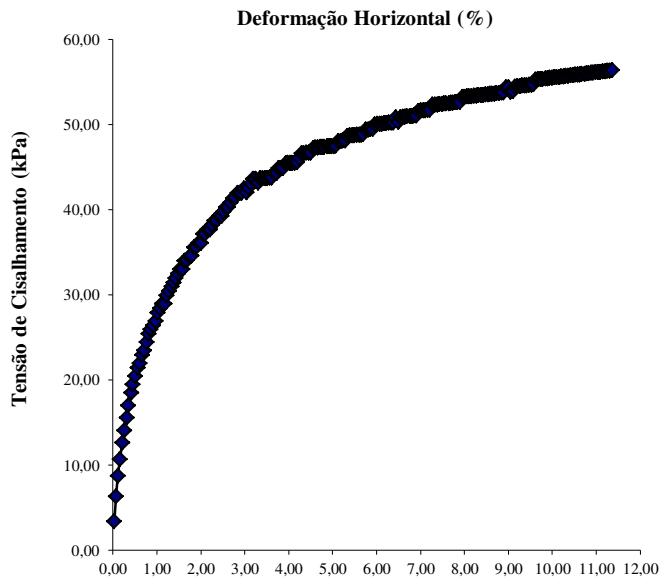
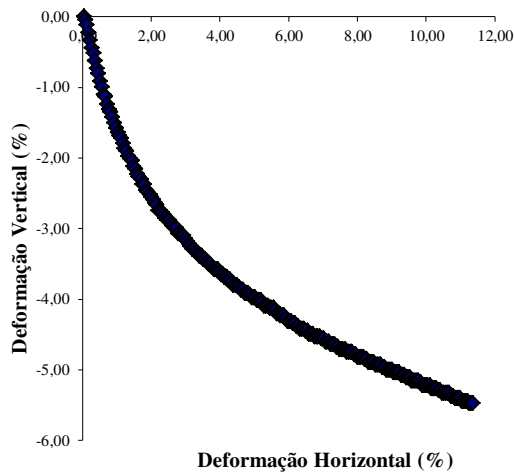


Figura 46: Gráfico Deformação vertical x Deformação horizontal - Rg
Estágio 2



- **Estágio 3**

Figura 47: Gráfico Tensão cisalhamento x Deformação horizontal - Rg
Estágio 3

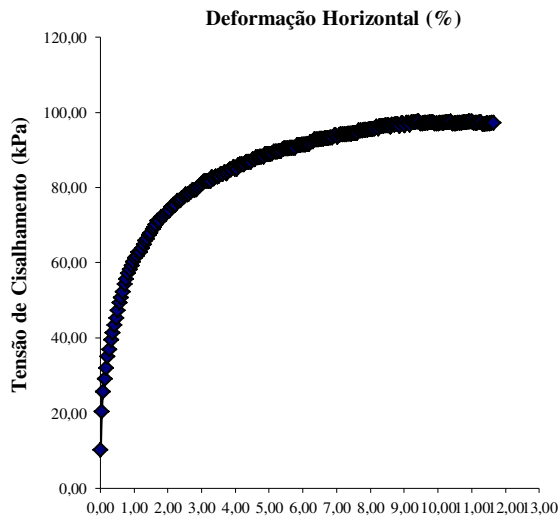
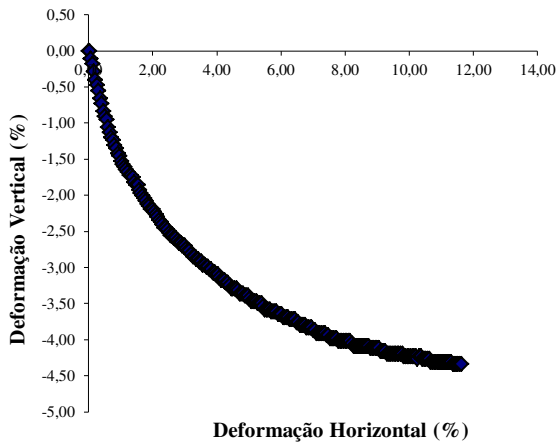


Figura 48: Gráfico Deformação vertical x Deformação horizontal - Rg
Estágio 3



Ponto 3 – Podzólico Vermelho-amarelo de substrato granito

- **Estágio 1**

Figura 49: Gráfico Tensão cisalhante x Deformação horizontal - PVg
Estágio 1

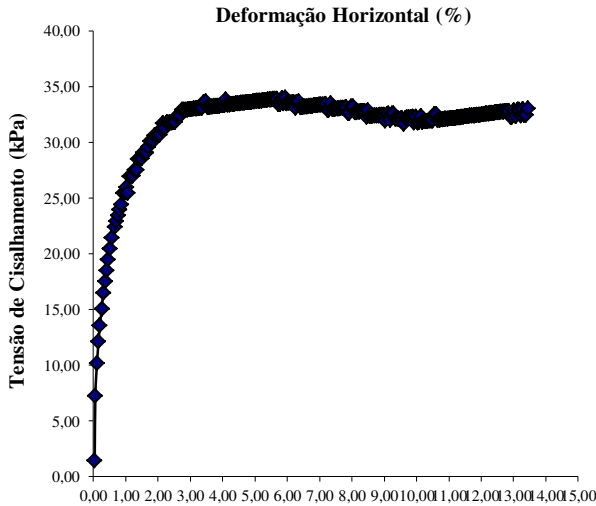
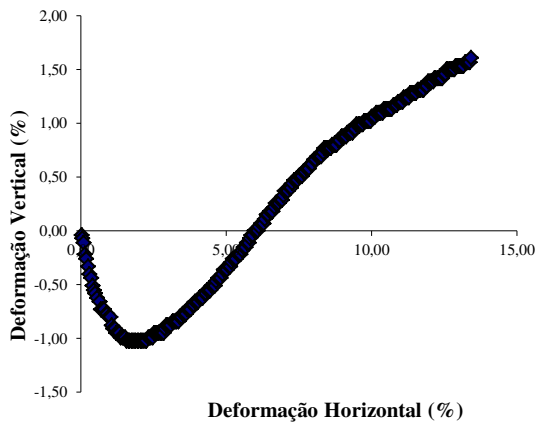


Figura 50: Gráfico Deformação vertical x Deformação horizontal - PVg
Estágio 1



- **Estágio 2**

Figura 51: Gráfico Tensão cisalhante x Deformação horizontal - PVg
Estágio 2

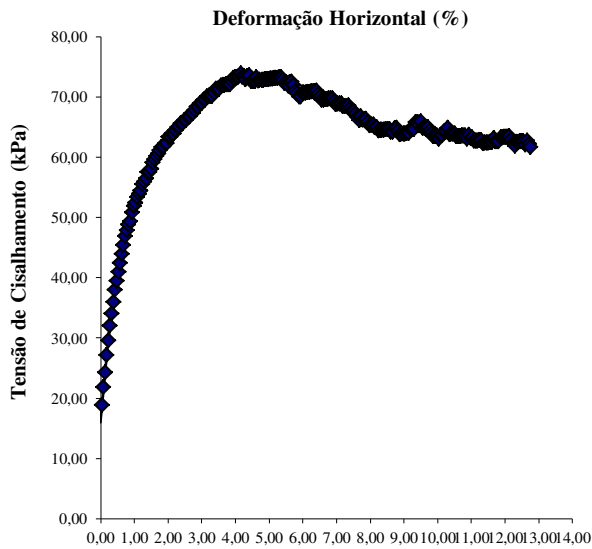


Figura 52: Gráfico Deformação vertical x Deformação horizontal - PVg
Estágio 2

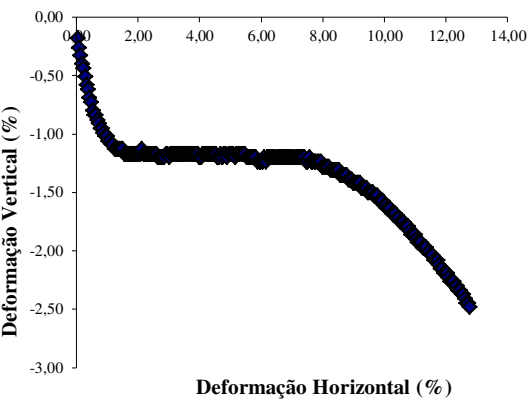


Figura 53: Gráfico Tensão cisalhante x Deformação horizontal - PVg
Estágio 3

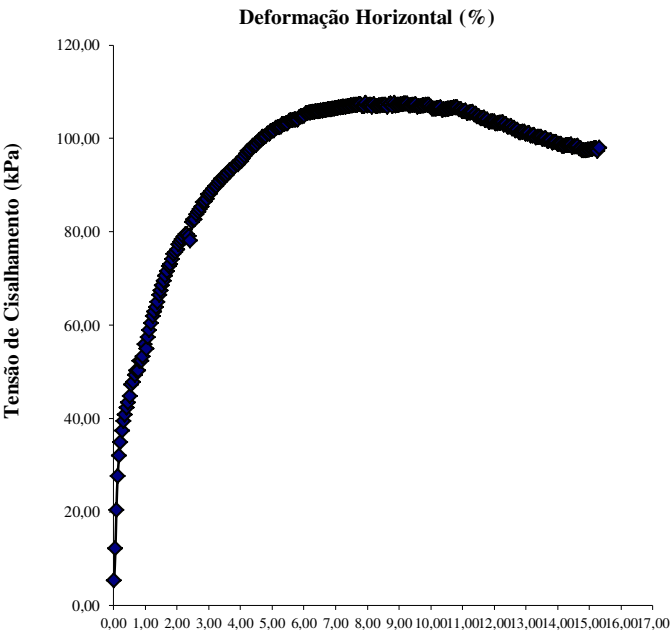


Figura 54: Gráfico Deformação vertical x Deformação horizontal - PVg
Estágio 3

